

Ф.Н. АВДОНЬКИН, д-р техн.наук,
 А.С. ДЕНИСОВ, канд.техн.наук (СПИ),
 А.А. МАКУШИН, канд.техн.наук (КаМАЗ)

ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ КАМАЗ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Надежность автомобилей зависит от конструктивно-технологических факторов, условий эксплуатации и организации технического обслуживания и текущего ремонта автомобилей в АТП. Обеспечение надежности автомобилей в эксплуатации является основой для разработки нормативов их технической эксплуатации и показателей эффективности их использования. Анализ надежности и эффективности использования автомобилей КамАЗ проводили на базе Саратовского производственного объединения грузового автотранспорта № 2 с начала 1977 г. (с момента их поступления в эксплуатацию). Сбор и обработку информации по надежности производили по рекомендациям ГОСТ 19490–74, ГОСТ 27.503–81, ГОСТ 27.502–83. Были обработаны данные по отказам 350 автомобилей в интервале пробегов до 550 тыс. км. Всего за время наблюдений было зафиксировано свыше 46 тыс. отказов.

Камским объединением по производству большегрузных автомобилей постоянно ведется конструктивно-технологическое совершенствование автомобилей, что отражается и на показателях надежности и эффективности их использования. С целью выявления тенденции изменения показателей надежности в зависимости от возраста автомобилей анализировали данные в интервале пробегов с начала эксплуатации от 50 до 150 тыс. км. Изменение исследуемых показателей аппроксимировали линейной зависимостью

$$y = a + bx, \quad (1)$$

где a — показатель (наработка на отказ, коэффициент вариации и др.) для автомобилей первого года выпуска; b — изменение показателей автомобилей по сравнению с автомобилями предыдущего года выпуска.

Наряду с наработкой до отказа анализировали также такие показатели, как трудоемкость устранения отказов, продолжительность простоя в ремонте, затраты на запасные части. Значимость изменения показателей по годам выпуска автомобилей оценивали с помощью критерия Стьюдента t_p при доверительной вероятности P . Параметры зависимости (1), вычисленные на ЭВМ методом наименьших квадратов по статистическим данным, и их статистические характеристики приведены в табл. 1, а отдельные зависимости — на рис. 1.

По мере повышения качества изготовления автомобилей и их технической эксплуатации уменьшается и вариация наработки на отказ. Следовательно, распределение наработки на отказ от экспоненциального переходит к распределению Вейбулла и нормальному, характерным для постепенных отказов. Исходя из критической доверительной вероятности, можно считать значительным снижение вариации наработки на отказ по годам выпуска. Другими словами, с

Табл. 1. Параметры зависимости показателей надежности и эффективности использования автомобилей от года их выпуска

Показатель	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>t_p</i>	<i>P</i>	<i>y_г</i> , %
1	2	3	4	5	6
Наработка на отказ, тыс. км:					
автомобиля в целом	3,11	0,428	1,03	0,844	13,8
двигателя	12,5	0,956	0,54	0,704	7,7
электрооборудования	13,9	0,657	0,38	0,652	4,7
ходовой части	17,0	0,456	0,25	0,597	2,7
трансмиссии	19,4	1,220	0,50	0,688	6,3
тормозных систем	17,9	0,423	0,25	0,597	2,4
рулевого управления	16,6	1,467	0,64	0,736	8,8
кабины, платформы, рамы	14,1	1,176	0,60	0,724	8,3
Коэффициент вариации наработки на отказ:					
автомобиля в целом	0,858	-0,041	1,36	0,910	4,8
двигателя	0,916	-0,036	1,09	0,857	3,9
электрооборудования	1,023	-0,035	0,83	0,793	3,4
ходовой части	0,898	-0,038	1,08	0,855	4,2
трансмиссии	0,957	-0,054	1,62	0,944	5,6
тормозных систем	0,942	-0,062	2,14	0,978	6,6
рулевого управления	1,019	-0,070	2,23	0,983	5,3
кабины, платформы, рамы	0,939	-0,049	1,54	0,936	5,2
Удельная трудоемкость текущего ремонта, чел.-ч/тыс. км	7,63	-0,524	0,94	0,822	6,9
Удельный простой в текущем ремонте, сут/тыс. км	1,12	-0,075	0,76	0,773	6,7
Удельные затраты на запасные части, руб./тыс. км	15,22	-1,090	1,02	0,837	7,2
Суточная производительность, т (т·км)	75,50 (1304,6)	3,179 (44,190)	0,49 (0,47)	0,688 (0,681)	4,2 (3,4)

Примечание. y_g – изменение показателя для автомобиля данного года выпуска относительно аналогичного показателя для автомобиля первого года выпуска.

каждым годом повышается качество изготовления автомобилей и их технической эксплуатации.

В процессе эксплуатации автомобиля вследствие изнашивания и усталостного разрушения деталей снижается наработка на отказ. Зависимость ее от пробега L автомобиля с начала эксплуатации [1]

$$y = y_0 e^{bL}, \quad (2)$$

где y_0 – наработка на отказ в конце периода приработки, приведенная к моменту начала эксплуатации; b – коэффициент, учитывающий влияние износа деталей на интенсивность изменения их технического состояния и надежности (для наработки на отказ $b < 0$).

Новые элементы автомобилей характеризуются определенной вариацией их структурных параметров. В процессе эксплуатации под влиянием различных факторов рассеивание структурных параметров возрастает, что обуслов-

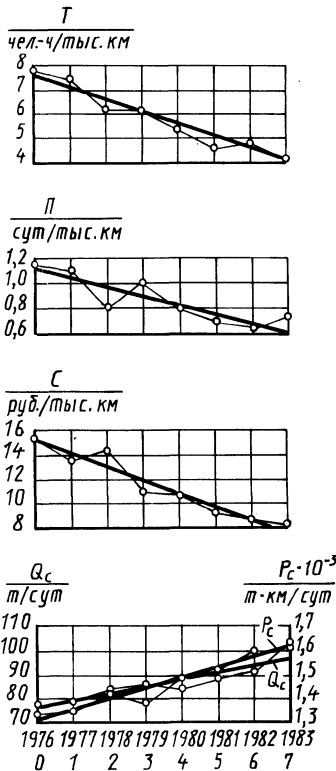


Рис. 1. Изменение показателей надежности и эффективности автомобилей в процессе эксплуатации (по годам выпуска):

T — трудоемкость TP; П — продолжительность простоя в ремонте; С — затраты на запчасти; Q_c, P_c — суточная производительность автомобиля

Зависимости указанных показателей приведены на рис. 3, а их параметры в табл. 3.

Анализ приведенных на рис. 2, 3 зависимостей показывает, что при пробеге с начала эксплуатации 350...400 тыс. км наблюдается стабилизация показателя надежности автомобиля и эффективности его использования. Это объясняется тем, что к этому моменту у автомобилей заменены уже все основные агрегаты и узлы на капитально отремонтированные (некоторые — неоднократно). Поэтому при определении параметров зависимостей (2) и (3) учитывали пробеги до 400 тыс. км. Для трудоемкости TP, продолжительности простоя, затрат на TP, производительности и себестоимости перевозок характерен "всплеск" при пробеге в интервале 100...150 тыс. км. Это вызвано тем, что в

ливает и рост вариации наработки элементов на отказ. При снижении в процессе эксплуатации наработки на отказ коэффициент ее вариации возрастает, что можно описать зависимостью (2), в которой $b > 0$, а y_0 — коэффициент вариации наработки на отказ в конце периода приработки, приведенной к моменту эксплуатации.

Параметры этих зависимостей, определенные по статистическим данным по обследованному массиву автомобилей КамАЗ, приведены в табл. 2. Снижение наработки на отказ вызывает изменение и других показателей их надежности в процессе эксплуатации. Зависимости на рис. 2 можно описать также экспонентой (2), параметры которой приведены в табл. 2.

Повышение простоев в ремонте в процессе эксплуатации, трудоемкости ремонта и затрат на запасные части вызывает снижение производительности автомобилей и повышение себестоимости перевозок. Эти изменения можно описать экспонентой с тремя параметрами

$$y = a + y_0 e^{bL}, \quad (3)$$

где y_0, b — те же параметры, что и в зависимости (2); a — значение показателя эффективности в начале эксплуатации (определяется экспериментально как среднее значение для новых автомобилей с пробегом до 25 тыс. км).

Табл. 2. Параметры зависимости показателей надежности автомобилей КамАЗ от их пробега с начала эксплуатации

Показатель	y_0	b	t_p	P
Наработка на отказ, тыс. км:				
автомобиль в целом	7,44	-0,00256	1,378	0,913
двигатель	17,63	-0,00184	1,442	0,923
электрооборудование	15,00	-0,00023	0,124	0,103
ходовая часть	18,71	-0,00181	1,321	0,904
трансмиссия	27,68	-0,00247	1,682	0,948
тормозная система	18,03	-0,00049	0,252	0,597
рулевое управление	27,25	-0,00150	0,712	0,757
кабина и платформа	18,77	-0,00045	0,749	0,770
Коэффициент вариации наработки на отказ:				
автомобиль в целом	0,605	0,00122	1,442	0,923
двигатель	0,367	0,00171	2,310	0,986
электрооборудование	0,803	0,00087	0,790	0,780
ходовая часть	0,413	0,00097	1,919	0,967
трансмиссия	0,468	0,00113	2,045	0,975
тормозная система	0,605	0,00115	1,278	0,902
рулевое управление	0,610	0,00134	1,951	0,968
кабина и платформа	0,739	0,00085	1,094	0,857
Трудоемкость одного ТР, чел.-ч	19,14	0,00258	2,370	0,988
Число отказов, устраняемых при одном ТР	1,24	0,00129	1,323	0,904
Удельная трудоемкость ТР, чел.-ч/тыс. км	2,57	0,00514	2,984	0,997
Продолжительность простоя в одном ТР, сут	3,61	0,00029	0,618	0,729
Удельная продолжительность простоя в ТО и ТР, сут/тыс. км	0,55	0,00280	1,950	0,969
Затраты на запасные части на один ТР, руб.	29,24	0,00524	3,136	0,998
Удельные затраты на запасные части, руб/тыс. км	3,93	0,00780	4,882	0,999

Табл. 3. Параметры зависимости показателей эффективности эксплуатации автомобилей КамАЗ от пробега

Показатель	a	y_0	b	t_p	P
Среднесуточный пробег, км	260	-9,21	0,0078	1,21	0,883
Среднесуточная производительность, т (т-км)	120 (2004)	-13,71 (-117,9)	0,0038 (0,0070)	0,74 (1,27)	0,768 (0,894)
Себестоимость перевозок, руб. на 10 т-км	24	4,63	0,0065	1,53	0,936

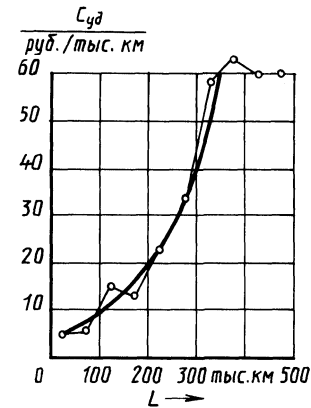
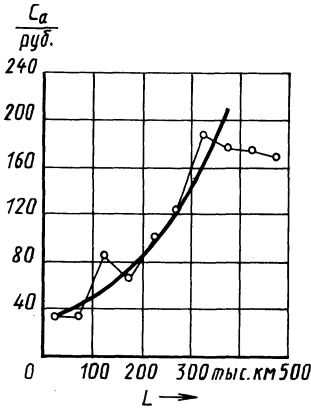
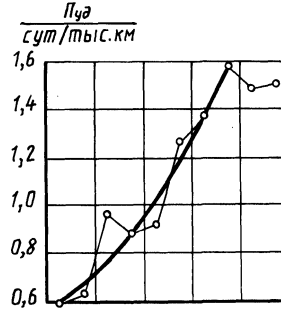
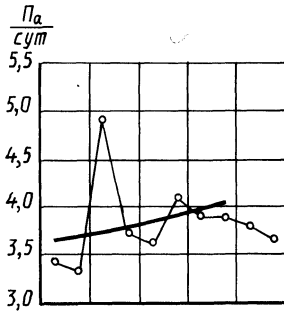
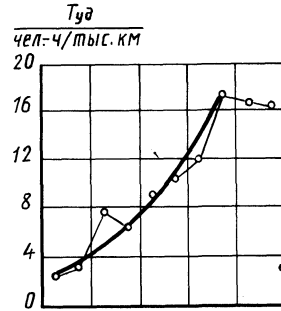
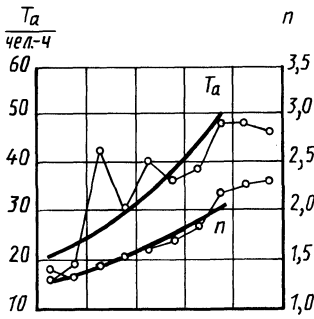


Рис. 2. Изменение показателей надежности автомобилей в процессе эксплуатации:
 T_a — трудоемкость одного ТР; n — число отказов на один ТР; $T_{уд}$ — удельная трудоемкость ТР; P_a — продолжительность простоя в одном ТР; $P_{уд}$ — удельная продолжительность простоя в ТО и ТР; C_a — затраты на запасные части на один ТР; $C_{уд}$ — удельные затраты на запасные части.

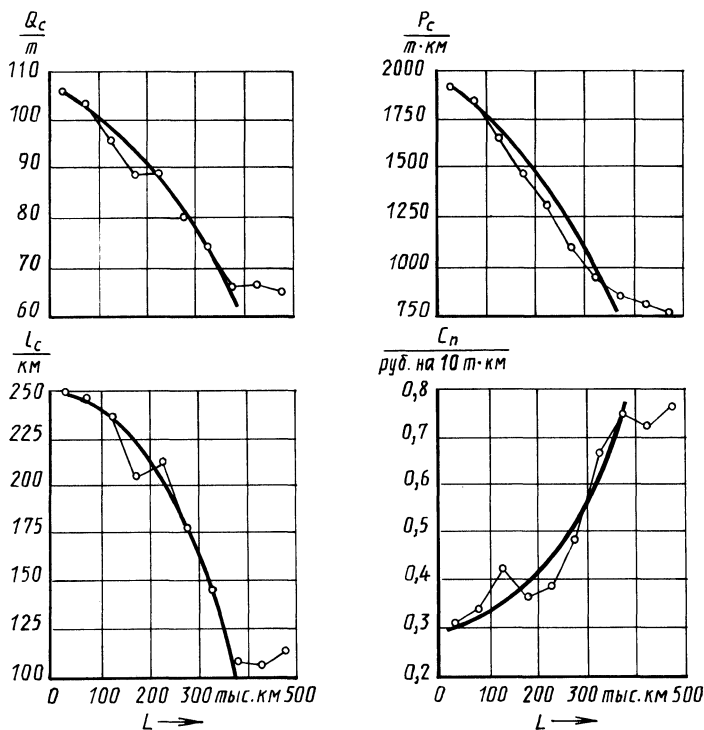


Рис. 3. Изменение показателей эффективности эксплуатации автомобилей в зависимости от пробега:
 Q_c, P_c – суточная производительность; L_c – среднесуточный пробег; C_{II} – себестоимость перевозок

этом периоде возрастает относительное число автомобилей, у которых производится ремонт или замена двигателей.

Наиболее интенсивно изменяются в процессе эксплуатации наработка на отказ по двигателю, ходовой части и трансмиссии, удельная трудоемкость ТР и связанные с ним показатели.

Влияние возраста автомобилей на средние значения большинства показателей надежности, исходя из значения критерия Стьюдента при доверительной вероятности 0,9, можно считать значимым. Исключение составляют такие элементы, как электрооборудование, тормозная система, рулевое управление, кабина и платформа. Большая часть их отказа носит внезапный характер, обусловленный нарушением правил эксплуатации или конструктивно-технологическими недоработками, низким качеством ремонта.

Таким образом, проведенный анализ надежности и эффективности использования автомобилей КамАЗ позволяет сделать следующие выводы.

Последовательное повышение качества изготовления и технической эксплуатации автомобилей способствует повышению показателей надежности и эффективности их использования. Среднегодовые темпы их изменения относи-

тельно показателей автомобилей первого года выпуска составляют: наработки на отказ — 13,8 %, удельной трудоемкости ТР — 6,9 %, удельной продолжительности простоя в ТР — 6,7 %, удельных затрат на запасные части — 7,2 %.

Особенно существенно снижается наработка на отказ таких элементов, как двигатель, ходовая часть, трансмиссия, на которые приходится значительная доля трудоемкости и затрат на ремонт. Это свидетельствует о целесообразности планового проведения определенных ремонтных воздействий по этим элементам (в предупредительном порядке) для снижения затрат на ТР.

ЛИТЕРАТУРА

1. А в д о н ь к и н Ф.Н. Теоретические основы технической эксплуатации автомобилей. — Саратов, 1981. — 288 с. 2. Д е н и с о в А.С., Ф р о л о в С.А. Изменение технической готовности автомобилей в процессе эксплуатации. — В кн.: Повышение эффективности использования автомобильного транспорта. Саратов, 1978, с. 38–46. 3. Д е н и с о в А.С., Л и ш ч а к Ш.Д. Изменение показателей эффективности автомобилей в процессе эксплуатации. — В кн.: Повышение эффективности использования автомобильного транспорта. Саратов, 1984, с. 52–58.

УДК 629.113.004.67

В.К. ЯРОШЕВИЧ, канд. техн.наук,
Дж. Г. ВИРАТНА (БПИ)

ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ КРЕСТОВИН КАРДАНЫХ ПЕРЕДАЧ АВТОМОБИЛЕЙ

Современные карданные передачи автомобилей имеют существенный недостаток — относительно низкий ресурс: 3,4 % всех отказов автомобиля приходится на карданную передачу [1]. Из них около 80 % составляют отказы карданных шарниров, которые выходят из строя вследствие изнашивания шипов и карданных подшипников [2].

На основании литературных данных и результатов осмотра крестовин, поступающих в капитальный ремонт и находящихся на эксплуатирующихся автомобилях, можно сделать вывод, что основными видами дефектов карданных крестовин являются "ложное" бринеллирование, абразивный износ и усталостное выкрашивание. Износ шипов неравномерен как по окружности, так и по образующей, и на отдельных шипах не превышает 0,5 мм. Обычно бринеллированию подвергаются не все шипы крестовины, и это явление до сих пор не имеет удовлетворительного объяснения.

Крестовины карданных шарниров грузовых автомобилей, изготавливаемые из сталей 18ХГТ, 15ХГНТА, 20ХГНТР, подвергаются цементации с последующей закалкой и отпуском с целью упрочнения рабочей поверхности шипов. Изучение технологии изготовления крестовин на заводе-изготовителе (Гродненский завод карданных валов) и исследование твердости новых крестовин автомобилей МАЗ показывают, что поверхностная твердость шипов не одинакова (рис. 1). Максимальное ее значение находится в пределах 58... 65 НРС₃. Глубина цементованного слоя составляет 1...1,5 мм. Твердость шипа