

В процессе эксплуатации машин для внесения твердых органических удобрений часто наблюдаются случаи выхода из строя элементов привода рабочих органов (разрыв цепей транспортера и цепей цепных передач, скручивание валов, деформирование и обрыв лопастей битеров и планок транспортеров), что объясняется низкой точностью срабатывания срезной предохранительной муфты в приводе.

Белорусским политехническим институтом совместно с ГСПКТБ по комплексу машин для внесения органических удобрений разработана техническая документация и изготовлена кулачковая предохранительная муфта [2], установленная в коническом редукторе на перспективной машине для внесения твердых органических удобрений АВТ-Ф-12 с гидромеханическим приводом рабочих органов (рис. 2).

Муфта включает ведущую 1 и ведомую полумуфты 2 с кулачками на обращенных друг к другу торцовых поверхностях. Ведущая полумуфта 1 соединена с коническим колесом 9 и установлена на валу 7 на подшипнике скольжения 8, а ведомая полумуфта 2 — на том же валу на шлицах и имеет возможность перемещаться в осевом направлении. Значение передаваемого момента регулируется гайками 5, с помощью которых изменяется сила сжатия тарельчатых пружин 4. В муфте предусмотрено опорное кольцо 6 с прорезью, а на торце одного из кулачков ведомой полумуфты 2 установлен штифт 3, расположенный в прорези опорного кольца. В режиме предохранения кулачки ведомой полумуфты 2 опираются на выступы опорного кольца, а штифт 3 удерживает его от проворачивания с ведущей полумуфтой 1, что обеспечивает безударную пробуксовку муфты. Испытания показали, что муфта предложенной конструкции надежно предохраняет элементы привода рабочих органов машин от перегрузок.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Левитский Г.И., Пронин А.Ф., Сверчук Г.С. Сельскохозяйственные машины, агрегируемые с трактором "Кировец". — М., 1984. — 160 с. 2. А. с. 852653 (СССР). Механизм блокировки межколесного дифференциала транспортного средства/ А.Т. Скойбеда, В.В. Яцкевич, И.С. Сазонов, В.А. Балицкий, Я.Б. Белага, С.Г. Щербаков, Б.В. Уткин. — Оpubл. в Б.И., 1981, № 29.

УДК 629.113.004.67

С.В. ШУМИК, д-р техн.наук,  
А.С. САВИЧ, С.С. КУЧУР,  
Е.И. ЗЕНКЕВИЧ, канд.техн.наук (БПИ)

### ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ РЕМОНТОПРИГОДНОСТИ МНОГООСНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ СЕМЕЙСТВА МАЗ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ИХ НАДЕЖНОСТИ

Современный этап научно-технического прогресса неразрывно связан с улучшением качества выпускаемых автомобилей и повышением эффективности их технической эксплуатации. Тем не менее рост производительности

труда в серийном производстве автомобилей значительно опережает рост аналогичного показателя в сфере их технического обслуживания (ТО) и текущего ремонта (ТР). В результате трудозатраты на техническую эксплуатацию за срок службы автомобиля почти в 10 раз превышают трудоемкость изготовления. Одна из основных причин такого положения — недостаточная приспособленность конструкции автомобиля к поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем проведения ТО и ТР, т.е. низкий уровень его ремонтпригодности (РП).

Повышение уровня РП необходимо рассматривать как один из путей повышения надежности конструкции автомобиля. Поэтому в качестве рабочей гипотезы было принято положение о том, что разработку мероприятий по повышению уровня РП необходимо проводить на основании комплексного исследования надежности автомобиля в целом. Смысл этого положения состоит в том, что автомобиль, рассчитанный на длительный период эксплуатации, обладает различной износостойкостью сопряжений и неравнопрочностью деталей и узлов. Это требует периодических остановок автомобиля для обслуживания и замены менее износостойких деталей. Поэтому в целях экономии трудовых и материальных затрат необходимо стремиться к тому, чтобы эти остановки были как можно реже. Это возможно либо путем повышения износостойкости деталей, либо за счет повышения уровня РП конструктивных частей автомобиля.

В целях практической реализации принятой гипотезы предлагается использовать показатель реализуемого уровня надежности  $\Pi_n(L)$  при назначенной наработке  $L$ :

$$\Pi_n(L) = \bar{\omega}(L) \bar{S}_{\text{тр}}, \quad (1)$$

где  $\bar{\omega}(L)$  — среднее значение параметра потока отказов за наработку  $L$ , т.е. среднее число отказов автомобиля на 1 тыс. км пробега;  $\bar{S}_{\text{тр}}$  — средняя трудоемкость устранения 1 отказа, чел.-ч.

Смысл показателя  $\Pi_n(L)$  в общем виде — это трудозатраты на устранение отказов за рассматриваемый интервал наработки автомобиля, отнесенные к единице пробега. Данный показатель позволяет производить сравнительную оценку уровня надежности агрегатов автомобилей одного назначения, а также количественно оценивать уровень их надежности при совершенствовании конструкции и технологии производства.

Исходными данными для разработки мероприятий по повышению уровня РП автомобилей являются результаты их эксплуатационных испытаний на надежность в условиях опорных АТП; изучения характера дефектов, микрометрирования и расчета ресурса деталей в условиях специализированного АРЗ; испытаний на ремонтпригодность. При этом использованы методические предписания, приведенные в работе [1].

Испытания на надежность проведены в северных районах Тюменской области, где автомобили использовались на строительстве магистральных грубопроводов. В подконтрольной эксплуатации находилось 40 автомобилей выпуска 1978...1982 гг., пробеги которых составляли 40...120 тыс. км. Суммарный пробег всех автомобилей за период испытаний — 3307,8 тыс. км. При этом фиксировались условия и интенсивность их эксплуатации, выявленные в про-

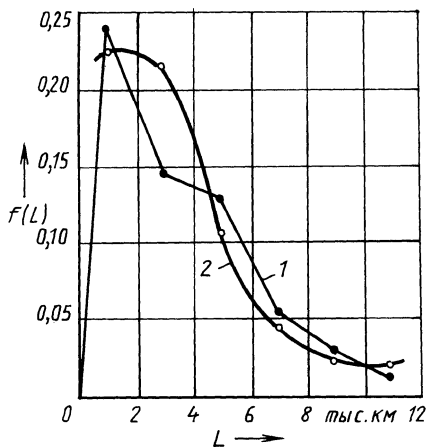


Рис. 1. Плотность распределения наработки на отказ автомобиля МАЗ-7310

Табл. 1. Статистические характеристики средней наработки на отказ агрегатов и систем автомобиля МАЗ-7310

Наименование агрегата, системы, узла	Закон распределения наработки на отказ	Средняя наработка на отказ $L_{н.о'}$ , тыс. км	Коэффициент вариации $v$	Доверительный интервал средней наработки, тыс. км	Вероятность согласия по критерию Пирсона $P(\chi^2)$
Двигатель	Вейбулла	12,72	0,80	1,43	0,857
Система питания	То же	17,13	0,61	3,03	0,984
Система охлаждения	— " —	21,64	0,71	2,91	0,434
Система подогрева	Экспоненциальный	19,43	0,91	3,09	0,944
Повышающая передача	Нормальный	27,76	0,35	3,41	0,202
Гидромеханическая передача	То же	30,01	0,36	4,28	0,392
Раздаточная коробка	— " —	60,42	0,29	6,02	0,38
Карданная передача	— " —	42,3	0,40	7,42	0,12
Ведущие мосты	Вейбулла	50,4	0,66	9,4	0,53
Рама	То же	52,7	0,61	5,31	0,21
Подвеска 1-го ведущего моста	Нормальный	18,56	0,39	1,50	0,08
Ступицы	Вейбулла	43,27	0,56	2,6	0,03
Рулевое управление:					
механическая система	То же	63,12	0,48	3,37	0,341
гидравлическая система	Нормальный	47,96	0,33	5	0,536
Тормозная система и ЦНШ	Нормальный	49,79	0,41	4,48	0,04
В том числе компрессор	То же	47,75	0,24	3,34	0,02
Электрооборудование	— " —	40,51	0,31	4,05	0,09
Кабина и оперение	Вейбулла	53,14	0,47	4,27	0,01
Автомобиль в целом	Логарифмически нормальный	3,31	0,61	0,16	0,42

цессе эксплуатации отказы и неисправности и трудоемкость их устранения, периодичность и трудоемкость выполнения ТО-1 и ТО-2.

Обработка статистической информации произведена по специально разработанной программе. Аппроксимация эмпирических распределений теоретическими и определение точечных оценок показателей надежности производились по наиболее характерным для показателей технической эксплуатации автомобилей законам распределения: нормальному, логарифмически-нормальному, экспоненциальному, Вейбулла—Гнеденко. Некоторые результаты расчета приведены в работе [2]. Исследования показали, что распределение наработки автомобиля на отказ (рис. 1, кривая 1) подчиняется логарифмически нормальному закону (кривая 2) с математическим ожиданием  $L_{н.о} = 3,31$  тыс. км и коэффициентом вариации  $\nu = 0,6$ .

Наработка на отказ характеризует степень надежности конструкции автомобилей. В табл. 1 приведены статистические характеристики средней наработки на отказ по агрегатам, системам и автомобилю в целом, которая является основным показателем надежности.

В качестве одной из основных характеристик безотказности автомобиля как восстанавливаемой системы рассмотрен параметр потока отказов  $\omega(L)$ . Распределение параметра потока отказов в зависимости от пробега приведено на рис. 2 (кривая 1) и аппроксимировано (кривая 2) математической моделью вида

$$\omega(L) = 0,293 + 0,03L - 2,17 \cdot 10^{-4} L^2. \quad (2)$$

Корреляционное отношение  $\eta = 0,91$ , критерии согласия Стьюдента  $t_{\eta} = 38,4$ , Фишера  $F = 4,3$ , что подтверждает адекватность модели реальному процессу.

Статистические характеристики наработки до первой замены основных агрегатов приведены в табл. 2.

Фактические значения показателей ремонтпригодности были определены на основании хронометрирования оперативного времени при выполнении операций ТО и ТР. При этом применялся метод испытаний с возникающей необходимостью проведения ТО и ТР (ГОСТ 21758—81). Уровень ремонтпригодности  $K_y$  определен по формулам:

$$K_{y\text{ТО}} = S'_{\text{ТО}}/S_{\text{ТО}}; K_{y\text{ТР}} = S'_{\text{ТР}}/S_{\text{ТР}},$$

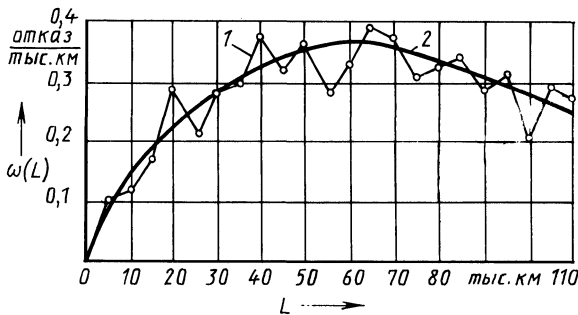


Рис. 2. Распределение параметра потока отказов в зависимости от пробега

где  $S'_{TO}, S_{TO}$  — соответственно фактическая и нормативная трудоемкость данного технического обслуживания, чел.-ч;  $S'_{TP}, S_{TP}$  — соответственно фактическая и нормативная трудоемкость текущего ремонта, чел.-ч на 1000 км.

Как видно из табл. 3, уровень ремонтпригодности по видам технического обслуживания и текущего ремонта  $K_y < 1$ , что соответствует требованиям ГОСТ 21758-81.

В табл. 4 приведены рассчитанные по формуле (1) значения показателя  $\Pi_n(L)$  по агрегатам и системам автомобиля.

Исследование ресурса деталей проводилось методом микрометрирования. С целью углубленного изучения закономерностей процесса изнашивания про-

Табл. 2. Статистические характеристики средней наработки до первой замены основных агрегатов автомобиля МАЗ-7310

Наименование агрегата	Закон распределения $R_{cp}$ , среднего ресурса	Средний ресурс тыс. км	Коэффициент вариации $\nu$	Доверительный интервал среднего ресурса, тыс. км	Вероятность по критерию Пирсона $P(\chi^2)$	Гамма-процентный ресурс при $\gamma = 90\%$
Двигатель	Нормальный	47,88	0,25	4,13	0,999	29,8
Гидромеханическая трансмиссия	То же	83,02	0,42	10,84	0,48	38,46
Повышающая передача	— " —	73,03	0,38	8,44	0,06	33,83
Раздаточная коробка	— " —	82,64	0,28	8,7	0,18	54,26
Проходной центральный редуктор 2-го ведущего моста	— " —	82,81	0,3	8,79	0,61	51,01
Проходной центральный редуктор 3-го ведущего моста	Вейбулла	104,58	0,46	18,75	0,49	43,49
Непроходной центральный редуктор 4-го ведущего моста	Нормальный	100,4	0,28	12,76	0,32	71,45
Ступица колеса в сборе (1-го моста)	То же	100,92	0,29	13,67	0,57	63,44

Табл. 3. Уровень ремонтпригодности автомобиля МАЗ-7310 по ТО и ТР

Вид технического воздействия	Нормативная трудоемкость ТО, (чел.-ч) или	Фактическая трудоемкость ТО (чел.-ч) или ТР ( $\frac{\text{чел.-ч}}{\text{тыс. км}}$ )	Уровень ремонтпригодности
	ТР ( $\frac{\text{чел.-ч}}{\text{тыс. км}}$ )		
ТО-1	27,1	19,4	0,72
ТО-2	53,6	41,3	0,77
ТР	16,0	10,6	0,66

Табл. 4. Значения показателя реализуемого уровня надежности  $\Pi_n(L)$  автомобиля МАЗ-7310

Наименование агрегата, системы	Среднее значение параметра потока отказов $\bar{\omega}(L) \cdot 10^2$	Средняя трудоемкость устранения отказа $\bar{S}_{тр}$ , чел.-ч	Значение показателя надежности $\Pi_n(L)$
Повышающая передача	5,32	4,08	0,22
Гидромеханическая передача	3,73	3,48	0,13
Раздаточная коробка	1,62	3,03	0,062
Карданная передача	2,83	1,98	0,092
Ведущие мосты	3,81	2,71	0,103
Рама	2,65	1,79	0,047
Подвеска	11,95	2,15	0,265
Ступицы	3,69	5,58	0,206
Рулевое управление:			
механическая система	3,33	1,46	0,048
гидравлическая система	3,8	1,13	0,043
Тормозная система	5,77	2,77	0,159
Электрооборудование	3,45	0,57	0,019

изведена статистическая обработка результатов на ЭВМ для 198 деталей. В результате выявлены характерные дефекты и номенклатура деталей, лимитирующих надежность автомобиля, т.е. имеющих ресурс менее 80 тыс. км. Рекомендации, направленные на повышение долговечности и ремонтпригодности автомобиля, выданы заводу-изготовителю.

В процессе комплексного исследования определена и обоснована номенклатура узлов и агрегатов, которые целесообразно подвергать ремонту в условиях АТП. На этой основе разработано "Руководство по ремонту автомобилей семейства МАЗ-7310", которое является нормативным документом по текущему и среднему ремонту.

На основании разработанной методики произведен целенаправленный анализ конструкции узлов и агрегатов автомобиля на РП. В результате обоснованы предложения по конструктивной и технологической доработке автомобиля с целью повышения его надежности.

В результате внедрения ряда предложений снизилось число отказов ( $\bar{\omega}(L)$  уменьшился на 3,9 %) и средняя трудоемкость их устранения (на 2,8 %). Таким образом, реализуемый уровень надежности повышен на 6,9 % и составляет 0,958. Практическая реализация всех предложений позволит довести показатель  $\Pi_n(L)$  до 0,834...0,802, т.е. повысить уровень надежности автомобиля на 22...25 %.

Фактический средний ресурс основных агрегатов автомобилей МАЗ-7310, за исключением двигателя и повышающей передачи, в условиях центральной климатической зоны страны превышает 100 тыс. км. Это свидетельствует о возможности повышения нормативного пробега автомобилей МАЗ-7310 до капитального ремонта.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Шумик С.В., Кучур С.С. Разработка методических основ повышения ремонтпригодности автомобильной техники. — В кн.: Повышение эффективности использования автомобильного транспорта. Саратов, 1983, с. 52–57. 2. Шумик С.В., Кучур С.С. Количественная оценка ремонтпригодности автомобилей семейства МАЗ-7310. — В кн.: Автомобильный транспорт и дороги. Минск, 1985, с. 41–47.

УДК 629.113.004.67

В.И. ТИТКОВ, канд.техн.наук,  
О.М. ДЯТЛОВ (БПИ)

### ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ АВТОМОБИЛЕЙ БЕЛАЗ

По данным исследований [1], в общем потоке отказов автосамосвалов БелАЗ на долю гидромеханической передачи (ГМП) приходится в среднем около 10 %, а в трудоемкости текущего ремонта — более 20 %.

Основными элементами гидравлической системы ГМП, определяющими ее надежность, являются: насосы, золотниковые элементы и гидротрансформатор. В процессе эксплуатации автомобиля рабочие поверхности деталей указанных элементов изнашиваются. При этом расположение изношенных участков и характер изнашивания весьма разнообразны [2]. Здесь имеет место как механическое, так и молекулярно-механическое (коррозионно-механическое, гидроэрозионное и кавитационное) изнашивание. В зависимости от вида сопряжения, материалов и условий работы в отдельных случаях эрозионное, кавитационное изнашивание деталей преобладает над абразивным. Так, эмиссионно-спектральным анализом установлено, что скорость гидроэрозионного изнашивания корпуса шестеренного насоса из алюминиевого сплава почти в три раза больше, чем абразивного [3]. Исследование дефектов лопаток рабочих колес гидротрансформатора свидетельствует о том, что основными видами их изнашивания являются гидроабразивное и кавитационное.

Указанный выше характер изнашивания рабочих поверхностей корпуса насоса и колес гидротрансформатора может быть объяснен низкой кавитационной стойкостью алюминиевого сплава, из которого изготовлены эти детали. Гидроэрозионная стойкость, например, сплава АЛ-9 ниже соответствующей стойкости стали 45 почти в 500 раз [4].

Таким образом, одним из путей повышения надежности гидросистемы ГМП автомобилей БелАЗ в целом является повышение кавитационной стойкости рабочих поверхностей корпуса насоса и лопаток колес гидротрансформатора. С учетом свойства материала и конфигурации деталей наиболее приемлемым для этого является способ нанесения износостойких металлопокрытий химическим методом [5]. Он позволяет получить металлопокрытия (например, никель-фосфорные), кавитационная стойкость которых в 19 раз выше соответствующей стойкости стали 20 [6]. Износостойкость никель-фосфорных