

РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ
РЕСУРСА ДЕТАЛЕЙ

Для решения задачи обеспечения надежности автомобильных транспортных средств (АТС) на этапе их проектирования и доводки необходимо создание банка данных о надежности автомобилей-аналогов. В соответствии с ГОСТ 27.301–83 показатели надежности следует рассчитывать с учетом физических процессов изнашивания (возникновение отказов) и продолжительности работы изделий. Известно [1], что до 90 % деталей машин теряют свою работоспособность вследствие изнашивания. Поэтому исследование основных закономерностей изнашивания рабочих поверхностей деталей и оценка фактического ресурса детали являются необходимым этапом создания банка данных о надежности агрегатов и дают возможность оперативно влиять на процесс функционирования узлов и агрегатов с целью поддержания их высокой и постоянной работоспособности.

Для исследования физических закономерностей изнашивания деталей принята математическая модель формирования ресурса детали, определяемого износом (рис. 1). Ресурс детали зависит от предельно допустимого износа u_{\max} (выходной параметр). Вначале имеет место рассеивание $f(A)$ начального параметра A — точности изготовления детали, определяемой полем допуска. Далее на формирование ресурса детали в процессе эксплуатации оказывают влияние медленно протекающие процессы изнашивания деталей. Изменение износа u также является случайным и зависит от интенсивности изнашивания деталей λ . Законом распределения $f(\lambda)$ определяется вероятность выхода u за границу u_{\max} , т. е. распределение ресурса детали по закону $f(R)$.

Для прогнозирования износа сопряжений детали приняты теоретические положения, разработанные проф. Ф.Н. Авдонькиным [1].

Интенсивность изнашивания детали

$$\lambda = \lambda_0 e^{BL},$$

где λ_0 — интенсивность изнашивания детали к концу приработки; B — эмпирический параметр, характеризующий изменение интенсивности изнашивания.

Износ детали

$$u = u_0 e^{BL},$$

где u_0 — износ в конце приработки, приведенный к началу эксплуатации.

Таким образом, средний расчетный ресурс детали является функцией случайного аргумента λ :

$$R_{\text{ср}} = \varphi(\lambda) = (u_0 e^{BL})_{\max} / (\lambda_0 e^{BL}).$$

При исследовании износа деталей автомобилей семейства МАЗ-7310 применялся метод микрометрирования. С целью выявления элементов детали,

Рис. 1. Общая схема формирования и прогнозирования ресурса деталей

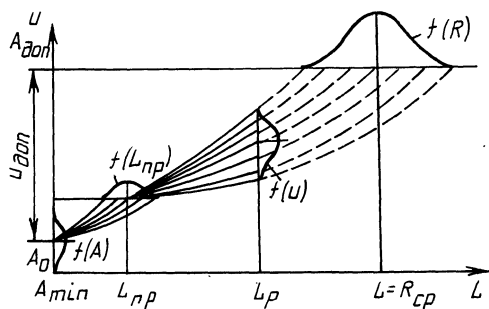


Табл. 1. Количественные показатели износа рабочих поверхностей и средний ресурс деталей раздаточной коробки

Деталь	Дефект	Интенсивность изнашивания $\lambda \cdot 10^3$, мкм/км	Ресурс детали, тыс. км
Вилка	Износ торцевых поверхностей лапок	26,6	12,5
Сухарь	Износ сухаря по ширине	17,99	22,24
Шестерня прямой передачи	Износ шеек под подшипники:		
	передний	0,728	41,19
	задний	0,244	88,26
	Износ зубьев по толщине	3,74	83,96
Фланец привода задних мостов	Износ зубьев (шлицев)	0,97	82,9
	Износ зубьев (шлицев)	2,3	52,2
Муфта блокировок дифференциала	Износ паза под сухарь вилки по ширине	8,39	59,57
	Износ зубьев (шлицев) наружных и внутренних	1,399	211,055
		2,114	56,57
Шестерня понижающей передачи	Износ зубьев (шлицев)	2,22	54,05
	Износ зубьев по толщине	2,15	111,84
Стакан	Износ отверстия под подшипник	2,15	47,9
Картер РК с крышкой в сборе	Износ отверстий картера под шток вилки переключения	2,79	73,5
	Износ отверстий картера под передний подшипник шестерни прямой передачи	0,633	94,8
	Износ отверстия крышки под задний подшипник дифференциала	0,38	149,8
Вал первичный	Износ зубьев (шлицев) под фланец	1,75	80,0
	Износ зубьев (шлицев) под муфту переключения:		
	крайних	1,06	188,6
	средних	1,59	141,5
	Износ шеек под шарикоподшипники	0,053	566,5
	Износ шейки под роликоподшипник	0,19	181,4

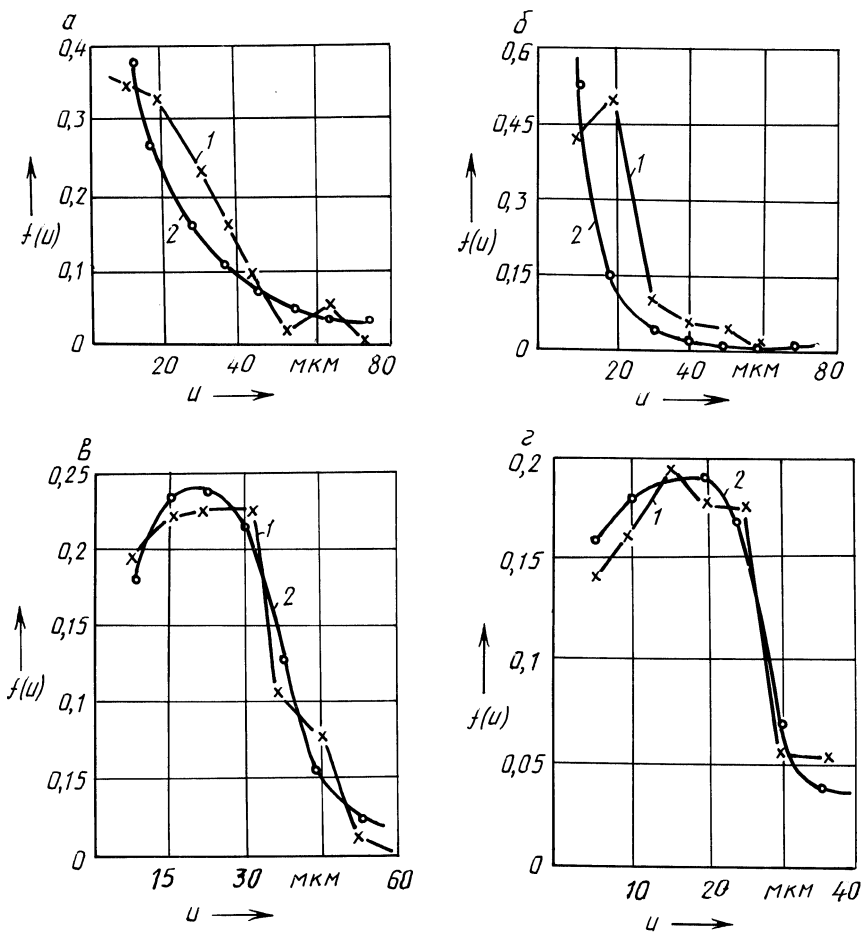


Рис. 2. Распределение износа рабочих поверхностей деталей раздаточной коробки:
 а – отверстие под подшипники картера привода передних мостов; б – отверстие в крышке под задний подшипник; в – отверстие под крестовину чашки дифференциала; г – отверстие под подшипник в крышке привода задних мостов; 1 – эмпирическое распределение; 2 – аппроксимирующее теоретическое

лимитирующих ее ресурс, микрометрирование производилось по нескольким рабочим поверхностям детали (исследовалось 246 деталей).

В соответствии с принятой моделью формирования и прогнозирования ресурса деталей определялись основные закономерности их изнашивания. За номинальный размер принималось среднее значение A_0 в пределах поля допуска. Обработка данных микрометрирования статистически-вероятностным методом производилась с применением пакета прикладных программ на ЭВМ ЕС 1022. В качестве примера в табл. 1 приведены интенсивность изнашивания рабочих поверхностей и рассчитанные средние значения ресурса деталей раздаточной коробки.

Табл. 2. Статистические характеристики распределения исследуемых параметров деталей раздаточной коробки

Деталь	Измеряемая поверхность	Параметры							
		износ деталей			интенсивность изнашивания				
		закон распределения $f(u)$	математическое ожидание $M[u]$, мкм	коэффициент вариации v	вероятность согласия по критерию Пирсона $P(\chi^2)$	закон распределения $f(\lambda)$	математическое ожидание $M[\lambda] \cdot 10^3$, мкм/км	коэффициент вариации v	вероятность согласия по критерию Пирсона $P(\chi^2)$
Картер привода передних мостов	Отверстие под подшипник	Экспоненциальный	21,1	0,67	0,341	Вейбулла	1,12	0,63	0,257
Картер раздаточной коробки с крышкой	Отверстие крышки под задний подшипник	Экспоненциальный	22,7	0,78	0,612	Вейбулла	3,53	0,53	0,916
Чашка дифференциала в сборе	Отверстие под крестовину	Вейбулла	18,5	0,57	0,186	Вейбулла	1,33	0,71	0,715
Крышка привода задних мостов	Отверстие под подшипник	Вейбулла	18,9	0,58	0,719	Нормальный	1,26	0,34	0,614

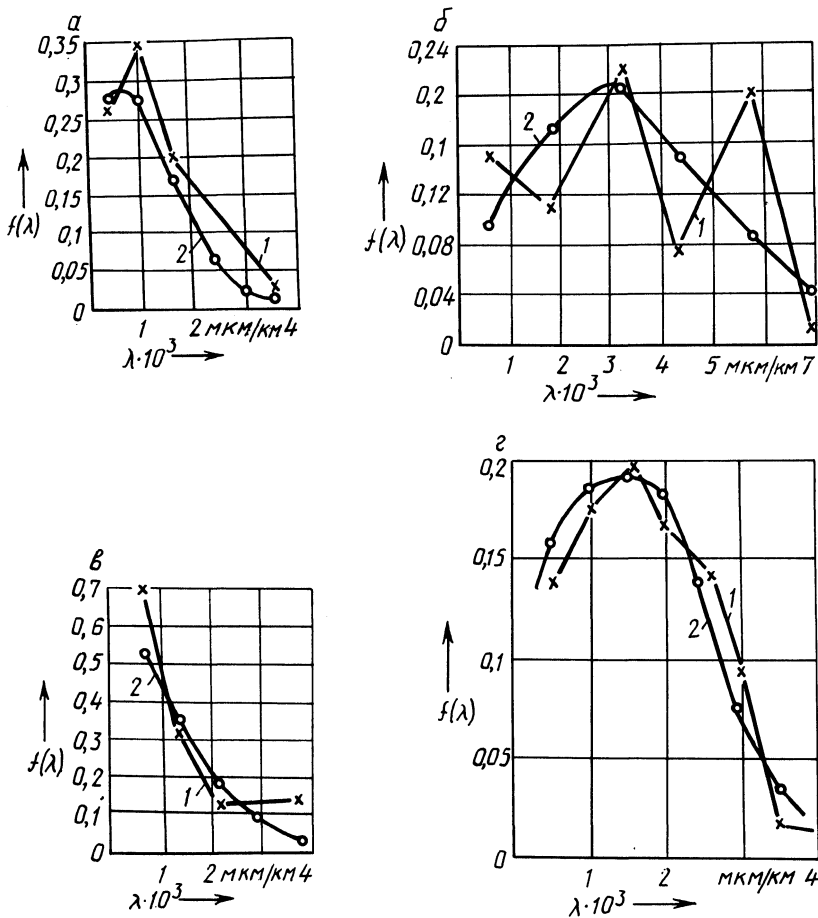


Рис. 3. Распределение интенсивности изнашивания рабочих поверхностей деталей раздаточной коробки:

a – отверстие под подшипники картера привода передних мостов; *б* – отверстие в крышке под задний подшипник; *в* – отверстие под крестовину чашки дифференциала; *2* – отверстие под подшипник в крышке привода задних мостов; *1* – эмпирическое распределение; *2* – аппроксимирующее теоретическое

Анализ интенсивности изнашивания отдельных поверхностей деталей показал, что надежность детали и агрегата в целом зависит от износа отверстий в корпусных деталях и шеек валов под подшипники качения, зубьев шестерен по толщине и высоте, зубьев шлицевых соединений.

Для углубленного изучения закономерностей процесса изнашивания была произведена математическая обработка достаточного количества выборок реализаций износа деталей. С использованием пакета прикладных программ математического обеспечения ЕС ЭВМ реальный процесс изнашивания аппроксимирован теоретическими законами распределения. В табл. 2 приведены основные статистические характеристики, а на рис. 2 и 3 – графики распределения изно-

са и интенсивности изнашивания некоторых деталей раздаточной коробки. Анализ приведенных данных показывает, что износ деталей распределяется по различным теоретическим законам и зависит от материала детали, вида сопряжения, воспринимаемых ими нагрузок и т. п.

Интенсивность изнашивания деталей хорошо аппроксимируется теоретическим законом распределения Вейбулла с коэффициентом вариации $v = 0,35 \dots 0,7$.

Знание характеристик износа, теоретических законов распределения исследуемых величин является необходимым условием управления потенциальным уровнем ремонтпригодности автомобиля на этапе проектирования. Количественные показатели интенсивности изнашивания деталей являются важными составляющими банка данных о их надежности, позволяющими прогнозировать ресурс работоспособности отдельных конструктивных частей автомобиля. Дифференцированный подбор материала, назначение прогрессивной технологии обработки деталей и износостойких покрытий их на этапе проектирования обеспечивают надежность деталей и агрегатов.

Изучение физических закономерностей изнашивания деталей позволило выявить разную износостойкость. Задачей завода-изготовителя является обеспечение высокой износостойкости поверхностей деталей, лимитирующих ресурс детали и надежность агрегата в целом. В сложных крупногабаритных деталях трущиеся поверхности должны быть подвергнуты упрочнению, чтобы износостойкость этих поверхностей обеспечивала межремонтный срок службы агрегата или автомобиля. При невозможности или нецелесообразности обеспечения высокой износостойкости рабочих поверхностей деталей технологическими методами в соответствии с методикой управления потенциальным уровнем ремонтпригодности в конструкции должна предусматриваться легкая сменяемость элементов, подверженных интенсивному изнашиванию.

Таким образом, проведенный анализ закономерностей изнашивания деталей позволил выявить номенклатуру деталей, лимитирующих надежность автомобиля, и разработать рекомендации, направленные на повышение долговечности и ремонтпригодности АТС. Результаты выполненных исследований используются заводом-изготовителем при разработке новых и доводке серийно выпускаемых автомобилей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авдонькин Ф.Н. Теоретические основы технической эксплуатации автомобилей. — М., 1985. — 215 с.

УДК 629.113.004.67

В.И. ТИТКОВ, О.М. ДЯТЛОВ

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЗОЛОТНИКОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ГИДРОСИСТЕМ БОЛЬШЕГРУЗНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Основными направлениями экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года предусматриваются увели-