

4. Зайчик М.И., Орлов С.Ф. и др. Проектирование и расчет специальных лесных машин. - М.: Лесн. пром-сть, 1976.

УДК 630.377.45:539.4

Е.Ф. Волобуев, с.н.с.;

Л.Ф. Доронин, инж.;

Я.И. Остриков, доц.

РАСЧЕТНАЯ ОЦЕНКА ДОЛГОВЕЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ТРАНСМИССИИ ЛЕСОВОЗНОГО АВТОПОЕЗДА

The analysis technique of transmissions' elements service life, and the example of analysis are presented.

Различным аспектам изучения усталостной долговечности инженерных конструкций и природы усталостного разрушения материалов посвящено большое количество исследований, в результате чего были разработаны практические методы расчета на усталостную долговечность элементов механических систем, основанные на гипотезе суммирования (накопления) усталостных повреждений. Широко распространенные методы расчета на усталость основываются на кривых усталости, полученных при испытаниях деталей на стендах и в условиях эксплуатации. Все известные методы получения количественных расчетных характеристик нагруженности деталей основываются на замене реального случайного процесса некоторым схематизированным, который по уровню вносимого усталостного повреждения должен быть эквивалентен реальному [1].

Расчет ресурса деталей автомобиля можно условно разбить на следующие основные этапы: 1) определение функции плотности распределения нагрузки на рассчитываемую деталь; 2) определение и последующая корректировка параметров кривой усталости; 3) выбор варианта гипотезы суммирования повреждений и определение среднего ресурса.

В работе [2] в качестве примера для полуоси тягача МАЗ 4x4 в составе лесовозного автопоезда (ЛАП) общей массой 34000 кг приведены функции плотности распределения крутящего момента по категориям лесных дорог и регионам эксплуатации, а также приводятся основные положения расчета ее ресурса. Полуоси рассчитываются по наиболее опасному участку, определяемому характеристиками усталости и имеющему шпоночные пазы, шлицевые части, галтели и т.д. Учитывая, что в процессе движения ЛАП по типизированным циклам меняются дорожные и скоростные условия, то обобщенный режим полуоси по категориям дороги для регионов эксплуатации "Центр" и "Восток" представляется как линейная комбинация распределений моментов $F (M_k)$:

$$F(M_k) = \sum_{i=1}^{i=l} \sum_{k=1}^{k=m} \sum_{j=1}^{j=n} A_i \cdot B_k \cdot C_j \cdot F_{ijk}(M_k),$$

где i - номер включенной передачи при числе передач l ; k - номер категории дороги при числе их категорий m ; j - номер участка типизированных циклов движения при числе участков в регионе эксплуатации n ; A_i, B_k, C_j - весовые коэффициенты, учитывающие распределение пробега соответственно по: передачам, категориям дороги и участкам типизированных циклов движения.

Далее, переходя от функции $F_i(M_k)$ к функции плотности распределения по напряжениям кручения $F_i(T)$, находим среднее значение крутящего момента на полуоси в каждом интервале и делим его на момент сопротивления при диаметре 43 мм в средней наиболее тонкой части полуоси. Таким образом, получен обобщенный нагрузочный режим для полуоси тягача ЛАП при движении по типизированному циклу для регионов эксплуатации "Центр" и "Восток" (табл.1). При этом была определена функция $Ta^a F(T)$, где a - показатель степени кривой усталости, характеризующий зависимость между напряжением кручения и числом циклов нагружения (обычно $a=4$ [3]). Эта функция показывает, какие значения напряжения вносят существенный вклад в нагрузочный режим. Так, нагрузки в интервале 8,0...9,0 кНм на магистрали в регионе "Центр" (табл.1) встречаются только 0,052 % (переходные процессы), но они дают максимум данной функции.

Применяя основную расчетную формулу линейной гипотезы суммирования повреждений при непрерывном изменении напряжений [1] и зная марку материала детали (в нашем случае - сталь 40ХН), переходим к определению ее ресурса. При этом по справочникам или данным, приведенным в работе [3], определяем пределы: прочности при растяжении, текучести при кручении и среднее значение выносливости при кручении. Также устанавливаются коэффициенты, оказывающие влияние на предел выносливости: концентрации напряжения, абсолютных размеров сечения (масштабный фактор), состояния поверхности, упрочнения при поверхностной обработке, а также характеризующий качество материала. Чтобы определить ресурс детали трансмиссии в км пробега, вычисляем число циклов перемены напряжений кручения за 1 км пробега по формуле, приведенной в работе [3]. Полученные расчетные данные приведены в табл.2. Показатели общего ресурса по регионам определяются как среднее значение от его показателей по категориям дорог.

Табл. 1. Обобщенный нагрузочный режим для полуоси

M _к , кНм	T, МПа	Категория дороги					
		Магистраль		Ветка		Ус	
		F(T),%	1)	F(T),%	1)	F(T),%	1)
0,5	32	91,71	0,00962	88,494	0,00928	97,2	0,01019
		76,975	0,00807	79,988	0,00839	90,704	0,00957
1,5	96,1	7,65	0,065	10,256	0,08747	2,437	0,02078
		15,21	0,12972	18,302	0,15610	5,57	0,04751
2,5	160,14	0,13	0,00855	0,954	0,06274	0,247	0,01624
		5,737	0,37730	1,462	0,09615	3,527	0,02320
3,5	224,2	0,05	0,0126	0,019	0,0048	0,057	0,0144
		1,093	0,27616	0,0227	0,00574	0,144	0,03638
4,5	288,25	0,03	0,0207	0,0134	0,00925	--	--
		0,0385	0,02658	0,0124	0,00856	0,023	0,01588
5,5	352,3	0,035	0,05392	0,0089	0,01371	0,067	0,10321
		0,024	0,03697	0,0065	0,01001	0,033	0,05084
6,5	416,4	0,064	0,19241	0,0415	0,12476	--	--
		0,06	0,18038	0,03	0,09019		
7,5	480,4	0,062	0,33022	0,095	0,50598	--	--
		0,068	0,36218	0,138	0,73501		
8,5	544,5	0,052	0,45708	0,023	0,20217	--	--
		0,0539	0,47385	0,0335	0,29447		
9,5	608,5	0,016	0,21936	--	--	--	--
		0,0499	0,68414				
11,5	736,65	0,002	0,05889	2) --	--	--	--
		0,0061	0,17963				
Итого:			1,428		1,02		0,165
			2,735		1,405		0,269

Примечания: 1) -функция $T^a \times F(T) \times 10^{-8}$;

2) - в числителе - для региона "Центр", в знаменателе - для региона "Восток".

Табл. 2 . Показатели ресурса полуоси

Регион и рельеф местности	Показатели ресурса пробега (в км) при характеристиках категории дорог			
	Магистраль (асфальтированное шоссе)	Ветка (грунтовая дорога)	Ус (грунтовая дорога с настилом из деревьев)	Общий
Центр (равнина)	117510	65370	179120	105280
Восток (холмистость)	38345	25885	63385	36415

Проведенный расчет шлицевых соединений полуоси показал, что они обладают достаточной прочностью на смятие. Коэффициент запаса прочности при этом составил 1,75 при нормативном 1,4.

Определение ресурса износостойкости шлицевого соединения осуществлялся по методике, изложенной в работе [3]. При этом общий ресурс по износу составил 973540 км пробега.

Результаты расчета показывают, что эксплуатация полностью груженых ЛАП в равнинных и холмистых условиях существенно сказывается на ресурсе полуоси. Проведя аналогичные расчетные исследования с другими грузовыми состояниями (движение без груза, с частичной нагрузкой), сезонными условиями (отличаются коэффициент сопротивления качению и сцеплению, силы сопротивления трансмиссии), можно найти зависимость ресурса от этих и других факторов.

Если известны достаточно точно условия движения автопоезда по маршруту (продольный профиль дороги, количество остановок, условия ограничения скорости движения, время года, покрытие дороги), то данная методика расчета с достаточной точностью как количественно, так и качественно позволяет оценить влияние тех или иных конструктивных изменений в ЛАП на ресурс исследуемой детали.

ЛИТЕРАТУРА

1. Когаев В.П. Расчеты на прочность при напряжениях, переменных во времени. М.: Машиностроение, 1977.
2. Моделирование нагрузочных режимов лесовозного автопоезда /Е.Ф. Волобуев и др.// Тр. Белорус. гос. технолог. ун-та. Вып.5. Серия II. - Мн.: БГТУ, 1997. - С.112-116.
3. Проектирование трансмиссий автомобилей. Справочник/ Под общ. ред. А.И. Гришкевича. - М.: Машиностроение, 1984 .