

ОЦЕНКА ОСТАТОЧНОГО СРОКА СЛУЖБЫ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ ИЗ КОНСТРУКЦИОННЫХ ЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

М. И. ПАСТУХОВ

Белорусский государственный университет транспорта

На Белорусской железной дороге основную массу (65 %) тележек (модели 18-100), находящихся под 4-осными грузовыми вагонами, составляют тележки с боковыми рамами и надрессорными балками, изготовленными из конструкционных легированных сталей 20ГЛ, 20ФЛ, 20Г1ФЛ, 20ГТЛ по ГОСТ 977. Назначенный срок службы их по ОСТ 32.183.2001 составляет 32 года. Однако он явно занижен, так как вероятность отказа их в эксплуатации не превышает $Q = 0,0047$ при нормируемой вероятности $[Q] = 0,01$. Ранее было установлено, что остаточный срок службы боковых рам и надрессорных балок, выполненных из конструкционной нелегированной стали 20Л ГОСТ 977, после выработки назначенного срока службы 30 лет составляет не менее 10 лет. По результатам работы срок службы их был продлен на 6 лет (с 30 до 36 лет). На этот же срок продлеваются боковые рамы и надрессорные балки, выполненные из конструкционных легированных сталей, хотя механические прочностные характеристики ее на 40 %, а усталостные на 20 % выше, чем характеристики стали 20Л. Поэтому была произведена оценка остаточного срока службы (ресурса) боковых рам и надрессорных балок, выполненных из стали 20Г1ФЛ, по результатам испытания образцов, изготовленных из рамы и надрессорной балки после выработки ими назначенного срока службы 30 лет. Для сравнения результатов остаточного срока службы литых деталей оценка выполнена как по материалам натуральных усталостных испытаний деталей, так и по материалам испытания образцов, изготовленных из деталей после их длительной эксплуатации (таблица 1).

Оценка остаточного срока службы по результатам натуральных испытаний произведена по коэффициенту запаса сопротивления усталости деталей, проработавших 30 лет. При этом режим испытания деталей и методика обработки результатов строго выдерживались такими, при которых испытывались и обрабатывались детали в состоянии поставок (новые).

Испытания и обработка образцов, изготовленных из боковой рамы и надрессорной балки тележки модели 18-100 после их 30-летней службы, производились в соответствии с требованиями ГОСТ 25.502-79 при симметричном цикле напряжений (консольный изгиб с вращением образца).

По материалам испытания образцов устанавливались пределы выносливости литых деталей при амплитудных напряжениях с вероятностью неразрушения 0,95 и последующего определения остаточного срока службы.

Таблица 1 – Характеристики усталости литых деталей и остаточного срока службы после 30 лет эксплуатации

Деталь	Марка стали	Характеристики сопротивления усталости			Остаточный срок службы детали после 30 лет эксплуатации T_0 , лет, установленный по результатам испытаний	
		натурных деталей		образцов	натурных деталей	образцов
		Предел выносливости по амплитудным нагрузкам $(P_{aN})_{0,95}$ при вероятности неразрушения $P = 0,95$, кН	Коэффициент запаса сопротивления усталости n	Предел выносливости по амплитудным напряжениям σ_{aN} при вероятности неразрушения $P = 0,5$, МПа		
Боковая рама	20Л	128,1	1,37	175	27	25,9
	20Г1ФЛ	—	—	181,5	—	39,4
Надрессорная балка	20Л	162,2	1,25	165	12,9	12,5
	20Г1ФЛ	—	—	181,5	—	21,8

Из таблицы 1 следует, что сталь 20Г1ФЛ обладает большим потенциалом по несущей способности и ресурсу в сравнении со сталью 20Л. Остаточный срок службы (ресурс) боковых рам из стали

20Г1ФЛ на 54 %, а надрессорных балок на 74 % выше, чем в деталях, изготовленных из стали 20Л. Сопоставление результатов, полученных по усталостным натурным испытаниям деталей, и аналогичных испытаний образцов из отработавших назначенный срок службы деталей, показывает, что остаточный срок службы рам и надрессорных балок, выполненных из одной и той же марки стали 20Л практически одинаков (для рам 27 и 25,9 лет и для балок 12,9 и 12,5 лет). Это свидетельствует о том, что по точности оценки оба метода равноценны. Однако по финансовым затратам и трудоемкости экспериментальных работ они несопоставимы. Результаты, получаемые по усталостным испытаниям образцов, требуют финансовых затрат в 10 раз, а по трудоемкости – в 5 раз меньше, по сравнению с результатами, получаемыми при усталостных испытаниях натуральных деталей.

Наибольший назначенный срок службы грузовых вагонов составляет 32 года. При проведении капитальных ремонтов с продлением срока службы (КРП) вагонов срок их службы продляется на 16 лет, т. е. общий срок службы таких вагонов может составлять 48 лет.

Проведенные исследования показывают, что литые детали, изготовленные из конструкционных легированных сталей (20ГЛ, 20ФЛ, 20Г1ФЛ и 20ГТЛ), могут работать сверх назначенного срока не менее 20 лет. Поэтому вполне обоснованным будет при проведении КРП продлевать на 16 лет срок службы не только кузова, но и ходовых частей, обеспечивая их единую продолжительность жизни. А еще лучше общий срок службы установить не 48, а 45 лет, кратное сменяемости колесных пар с буксовыми узлами, срок службы которых 15 лет ($3 \times 15 = 45$ лет). Это будет в наибольшей степени отвечать решаемой на транспорте задаче обеспечения равноцикличности работы основных несущих элементов вагона.

УДК 629.4.077

ЭФФЕКТИВНЫЙ РАДИУС ТРЕНИЯ В ДИСКОВОМ ТОРМОЗЕ ДИЗЕЛЬ-ПОЕЗДА ДР1А

П. К. РУДОВ

Белорусский государственный университет транспорта

Эффективный радиус трения для накладки любой формы определяется по формуле

$$r_3 = F_n / \int_{F_n} \frac{dF}{r}, \quad (1)$$

где F_n – площадь фрикционного контакта; r – расстояние до оси вращения диска.

Площадь фрикционного контакта тормозной накладки дизель-поезда ДР1А образована четырьмя элементами, имеющими форму трапеции. Эффективный радиус трения для каждого отдельного элемента накладки при их равномерном износе и одинаковом расположении относительно оси вращения тормозного диска имеет одно и то же значение. Поэтому для определения эффективного радиуса трения накладки достаточно найти его значение для одного фрикционного элемента.

Для определения интеграла, входящего в уравнение (1), площадь фрикционного контакта элемента, показанного на рисунке 1, разделим на 3 фигуры концентрическими дугами, центр которых расположен на оси вращения диска. Исходя из свойств определенного интеграла

$$\int_{F_n} \frac{dF}{r} = \int_{F_1} \frac{dF}{r} + \int_{F_2} \frac{dF}{r} + \int_{F_3} \frac{dF}{r}, \quad (2)$$

где F_1, F_2, F_3 – площади соответствующих фигур.

Область интегрирования по площади F представляет собой область интегрирования по двум аргументам – радиусу r и углу α . Перейдем в формуле (2) к интегрированию по аргументу r , выразив элемент площади dF для фигуры 2, имеющей постоянный центральный угол α_T , как $dF = \alpha_T r dr$, а для фигур 1 и 3 с учетом изменения угла α при изменении радиуса – $dF = \alpha(r) r dr$. Тогда уравнение (2) можно записать в виде