

## ПУТИ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ И ПРОДЛЕНИЯ СРОКА СЛУЖБЫ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ ТЕЛЕЖЕК МОДЕЛИ 18-100 ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ

*Белорусский государственный университет транспорта  
Гомель, Беларусь*

Литые детали (боковые рамы и надрессорные балки) тележек грузовых вагонов относятся к деталям, надежность которых определяет безопасность движения поездов. Они работают в жестком динамическом режиме нагружения и при определенных неблагоприятных сочетаниях нагрузок и дефектов литья могут разрушаться и выходить из строя уже на первых годах эксплуатации.

В настоящее время в работе находится три поколения литых деталей: первое — постройки 1956–1973 гг., изготовленных из углеродистой стали 20Л ГОСТ 977, второе — постройки 1974–2000 гг., изготовленных из низколегированных сталей марок 20ГЛ, 20ГФЛ, 20ГТЛ и 20ФЛ ГОСТ 977 и третье — постройки с 2001 г, изготовленных из низколегированной стали 20ХГНФТЛ ОСТ 32.183–2001. Для каждого из них установлены свои назначенные сроки службы: 30 лет (ГОСТ 9246-79), 32 и 35 лет (ОСТ 32.183-2001). Естественно, детали, изготовленные из различных марок сталей, обладают различным потенциалом прочности и различным техническим ресурсом.

Однако ресурс детали и назначенный срок службы определяются не только прочностными характеристиками материала и детали, но и обеспечением в процессе производства качества литья. Сложные по конфигурации и массивные по материалоемкости рамы и надрессорные балки невозможно изготовить без литейных дефектов (шлаковых раковин, горячих и усадочных трещин и др.). Поэтому в эксплуатации наблюдаются случаи, когда одни детали разрушаются через 2 года работы, а другие не разрушаются и через 45 лет. Все зависит от того, в какую зону по уровню напряжений попали литейные дефекты. Для анализа технического состояния литых деталей авторами собран и обобщен накопленный материал об их эксплуатационных повреждениях за период с 1968 по 1988 гг. [1], произведена оценка их напряженного состояния на эксплуатационные режимы нагружения и собран и обработан материал по неразрушающему контролю деталей на предприятиях Белорусской железной дороги при плановых ремонтах вагонов за период с 1997 по 2003 гг. Весь полученный материал сведен в единое целое и анализ его сделан во взаимосвязи.

Материал об эксплуатационных повреждениях получен по результатам обследования 3,77 млн. надрессорных балок и 1,84 млн. боковых рам, который позволил выявить зоны повреждения деталей и вероятность появления в них усталостных трещин. Установлено, что вероятность появления усталостных трещин в эксплуатации в боковых рамах составляет 0,0027, а в надрессорных балках — 0,0138, из которых угрожающими безопасности движения поездов (по зонам 2 и 7) — 0,000373. Нормируемая величина вероятности отказа литых деталей тележек грузовых вагонов за гарантийный срок эксплуатации 8 лет составляет  $Q(t = 8) = 0,02$ . В выборке обследованных литых деталей по генеральной совокупности эксплуатационного парка вагонов, оказались детали со сроком службы от 2,5 до 28 лет. То есть фактическая вероятность отказов деталей в эксплуатации значительно ниже нормируемой, что свидетельствует о наличии резерва технического ресурса или срока службы против установленного. Очевидно, если обеспечить при плановых ремонтах вагонов качественный контроль за литыми деталями, то вероятность отказов деталей уменьшится еще более и срок службы литых деталей может быть увеличен. Для этого был собран материал о дефектоскопировании литых деталей в Витебском депо с помощью феррозондового контроля (ДФ 201.1). Получен и обработан материал по 19465 боковых рам и 9613 надрессорных балок. На рис. 1 и 2 представлены наложенные гистограммы эксплуатационных повреждений и выбракованных деталей по результатам диагностирования. Из приведенных рисунков следует, что зоны распределения эксплуатационных трещин по деталям и дефектов при диагностировании полностью совпадают. При этом частота выявления дефектов при диагностировании по большинству зон выше, чем частота возникновения трещин в эксплуатации. Это говорит о том, что появление трещин в деталях может предупреждаться при качественном их диагностировании во время плановых ремонтов вагонов, а безопасность движения поездов в эксплуатации повышаться.

Из рис. 1 также следует, что по боковым рамам удельный вес трещин в эксплуатации в зонах 1 и 5 значительно превышает доли деталей, выбраковываемых при диагностировании в депо. Это говорит о том, что доминирующей причиной разрушения деталей в эксплуатации по зонам 1 и 5 является не попадание в них литых дефектов, а уровень напряжений от эксплуатационных нагрузок. Тогда как по остальным зонам, наоборот, дефекты литых при диагностировании преувеличивают над долей, изъятых из эксплуатации по усталостным трещинам. То есть доминирующей причиной разрушения рам по зонам 2, 3, 4, 6, 7, 8 и 9 является концентрация по ним литых дефектов.

В надрессорных балках участками, где преобладают эксплуатационные повреждения над появлением литейных дефектов, являются зоны 5, 6, 10 и 11 (схема размещения зон на деталях показана на рис. 1 [2]).

Учитывая то, что за истекший период (1956 ... 2003 гг.) прошло три поколения литых деталей, представляло большую ценность получение информации о распределении их по годам постройки, заводам изготовителям и маркам сталей.

На рис. 3 приведено распределение деталей по годам постройки, выявленное при диагностировании. Из него следует, что в эксплуатации основная масса боковых рам и надрессорных балок приходится на 1974 ... 1990 года постройки, изготовленных из низколегированных сталей. Важным фактором является распределение литых деталей по маркам сталей. Анализ этого материала показал, что в эксплуатации в основном находятся литые детали, изготовленные из двух низколегированных сталей: марок 20ГЛ и 20Г1ФЛ с механическими характеристиками соответственно  $\sigma_T = 343$  МПа и  $\sigma_T = 294$  МПа и усталостной прочностью  $\sigma_{-1} = 215$  МПа и  $\sigma_{-1} = 200$  МПа. Удельный вес деталей, изготовленных из углеродистой стали 20Л  $\sigma_T = 216$  МПа и  $\sigma_{-1} = 165$  МПа, составляет 7,0 %. Это говорит о том, что все прогнозы по оценкам остаточного ресурса литых деталей должны сосредотачиваться на деталях, изготовленных из низколегированных сталей 20ГЛ и 20Г1ФЛ.

Для выяснения связи разрушения литых деталей в эксплуатации, с появлением в них литейных дефектов и законам распределения напряжений по зонам деталей, выполнены расчеты на прочность боковой рамы и надрессорной балки на I и III режимы нагружения на осевую нагрузку  $P_o = 230,5$  кН (23,5 тс). Величины расчетных сил на раму при I режиме нагружения составили: продольная — 89,3 кН (8,99 тс) и вертикальная — 328 кН (32,8 тс). Соответственно расчетные силы надрессорной балки равны: продольная — 331,5 кН (33,15 тс) и вертикальная — 476,5 кН (47,65 тс).

По III режиму нагружения расчетная сила рамы составила 379,88 кН (37,98 тс), а расчетная сила надрессорной балки — 621 кН (62,1 тс).

Величины напряжений по зонам разрушения боковых рам и надрессорных балок тележек приведены в табл. 1.

Анализ результатов расчета на прочность рамы показал, что при I режиме нагружения в зонах 1 и 5 напряжения превышают допускаемые (для стали 20Л равные 183 МПа) соответственно в 1,87 и 1,63 раза. И как результат вероятность разрушения по ним наиболее высокая. От общей доли (1) она составляет соответственно 0,32 и 0,393, а от генеральной совокупности в

эксплуатационном парке (0,0027) — 0,000864 и 0,001061. То есть в этих зонах могут возникать усталостные трещины даже без попадания в них литейных дефектов. Вместе с тем, несмотря на высокие напряжения в зонах 1 и 5 вероятность разрушения рам в эксплуатации (0,0027) все же не выходит за пределы нормируемой величины 0,02. Это объясняется тем, что экстремальные нагрузки при соударении вагонов, достигающие 3,5 МН, имеют крайне низкую вероятность (0,0008 [3]). Во всех остальных зонах при любых режимах эксплуатации трещины возникать не могут, если в них не попадают литейные дефекты.

При III режиме эксплуатации в раме напряжения не превышают 0,75  $[\sigma]$  ( $[\sigma] = 130$  МПа — допускаемые напряжения при III режиме нагружения).

В наддресорных балках как при I, так и при III режимах нагружения напряжения во всех зонах не превышают допускаемых. Однако трещины в них в целом возникают с большей вероятностью (0,0138), чем в рамах. Наибольшая доля их приходится на верхний пояс и, в частности, на подпятниковый узел (зоны 3, 5 и 11), что связано с потерей несущей способности его в связи со спецификой условий работы. А именно, 95 процентов движения вагона связано с перевалкой кузова вдоль своей оси, что приводит к циклическому знакопеременному нагружению подпятникового узла и в сочетании с интенсивным его износом, наступает снижение прочности, сопровождающееся появлением трещин. Однако трещины по верхнему поясу не приводят к разрушению балки. Опасность представляют трещины по нижнему поясу (зоны 2 и 7). И хотя в нем величины напряжений ниже допускаемых, разрушения все же там происходят вследствие попадания в них литейных дефектов. Поэтому основной задачей современного ремонтного производства является обеспечение 100-процентного диагностирования литых деталей тележек при их ремонте и предупреждение возможных эксплуатационных повреждений.

Всесторонние исследования авторов [2, 4] и ВНИИЖТа РФ [1, 5] по затронутой проблеме позволили оценить остаточный ресурс деталей первого поколения после 30 лет эксплуатации и продлить срок службы их до 36 лет. На очереди стоит задача об обосновании остаточного ресурса литых деталей, изготовленных из низколегированных сталей 20ГЛ, 20ФЛ, 20ГФЛ и 20ГТЛ, и продлении их срока службы с 32 до 40 лет. Основанием для такого заключения является то, что:

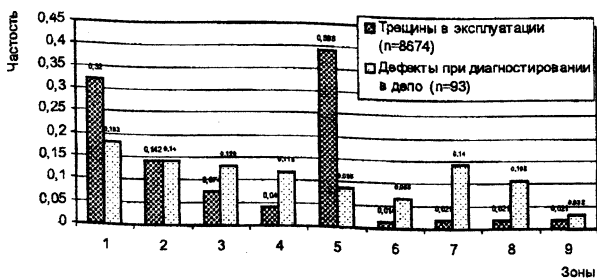


Рис. 1. Гистограмма распределения трещин (дефектов) по зонам боковой рамы в эксплуатации и при диагностировании

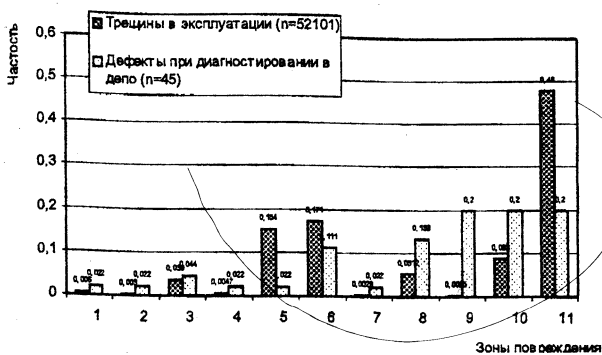


Рис. 2. Гистограмма распределения трещин (дефектов) по зонам наддрессорной балки в эксплуатации и при диагностировании

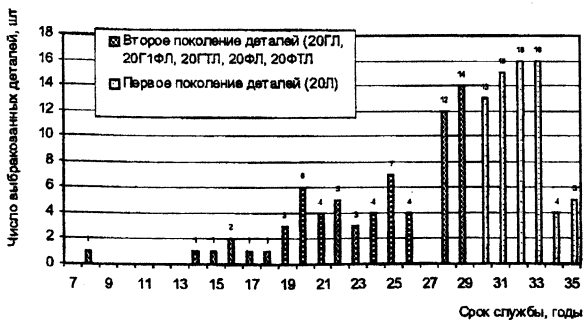


Рис. 3. Зависимость числа выбракованных боковых рам и наддрессорных балок от срока службы

1. Литые детали обладают достаточным потенциалом по несущей способности для безопасной эксплуатации вагонов. Вероятность появления в них усталостных трещин в эксплуатации составляет: 0,0027 — боковых рам и 0,000373 — надрессорных балок (по нижнему поясу).

Таблица 1

**Распределение напряжений и дефектов в литых деталях по зонам эксплуатационных повреждений**

Наименование деталей и контрольных зон	Коды зон эксплуатационных повреждений	Величины напряжений $\sigma$ , МПа при режиме нагружения		Вероятность		
		I	III	появления литых дефектов в зоне от их общего количества	разрушения деталей в эксплуатации по зонам от их общего количества	разрушения деталей от находящихся в эксплуатации
<b>Боковая рама:</b>						
– наружный угол буксового проема	1	343	4,7	0,183	0,32	0,000864
– внутренний угол буксового проема	2	108	81	0,140	0,142	0,0003834
– нижний угол рессорного проема	3	85	98	0,129	0,074	0,0001998
– верхний угол рессорного проема	4	25	40	0,118	0,036	0,000108
– горизонтальный пояс над буксой	5	300	53	0,086	0,393	0,001061
– верхний пояс рессорного проема	6	16	37	0,065	0,014	0,000037
– верхний наклонный пояс	7, 8, 9	37	63	0,279	0,021	0,000056
<b>Всего:</b>	–	–	–	1,0	1,0	0,0027
<b>Надрессорная балка:</b>						
– верхний пояс	1, 4, 8	-70	-112	0,177	0,0619	0,000854
– зеркало подпятника	5	-167	-115	0,022	0,154	0,002125
– наружный борт подпятника	3	–	–	0,044	0,036	0,000496
– внутренний борт подпятника	11	–	–	0,200	0,480	0,006624
– колонка	10	134	-89	0,200	0,088	0,001214
– нижний пояс справа от технологического отверстия	7	176	117	0,022	0,0026	0,000358
– то же, но слева от технологического отверстия	2	149	114	0,022	0,0011	0,000015
– наклонная поверхность под клином	6, 9	38	39	0,313	0,1764	0,002434
<b>Всего:</b>	–	–	–	1,0	1,0	0,0138

2. Современные методы неразрушающего контроля литых деталей при плановых видах ремонта вагонов позволяют выявлять дефекты литья или появляющиеся в эксплуатации трещины с достаточно высокой вероятнос-

тью. При диагностировании выбраковка боковых рам составляет 0,00478, а надрессорных балок — 0,0046.

3. Усталостные характеристики низколегированных сталей 20ГЛ, 20ГФЛ и 20ГТЛ на 20–30 % выше, чем углеродистой стали 20Л.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Повышение надежности несущих деталей тележек /Сендеров Г. К., Ступин А.П., Власова Н. Н. — Серия: Вагоны и вагонное хозяйство. Ремонт вагонов.: Экспресс информация ЦНИИТЭП МПС, 1990, вып. 2. — С.1–8.
2. Пастухов М. И. Анализ статистического материала о неразрушающем контроле литых деталей тележек грузовых вагонов / Тезисы докладов международной конференции. Ч.1 — Проблемы и перспективы развития транспортных систем и строительного комплекса. Гомель, 2003. — С. 36–39.
3. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). ГосНИИВ–ВНИИЖТ, 1996. — 319 с.
4. Отчет «Оценка остаточного ресурса боковых рам и надрессорных балок тележек 18-100». Гомель, 1999. — 55 с.
5. Отчет о НИР «Разработка методики диагностирования литых несущих деталей (надрессорных балок и боковых рам) тележек ЦНИИ-ХЗ (18-100), проработавших более 30 лет и порядок продления срока их службы». ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 2000. — 88 с.

УДК 629.4.023.14

**В.И. Сенько, А.В. Пигунов**

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТЕПЕНИ КОРРОЗИОННЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ НА НЕСУЩУЮ СПОСОБНОСТЬ КУЗОВОВ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ ПРИ ПЕРВОМ РАСЧЕТНОМ РЕЖИМЕ НАГРУЖЕНИЯ**

*Белорусский государственный университет транспорта  
Гомель, Беларусь*

Важнейшей составляющей частью вагона является кузов. Его физическим состоянием и ремонтпригодностью определяется срок службы вагона. Основным видом разрушения кузова, не считая аварий и пожаров, является коррозия металла. Поэтому для прогнозирования остаточного срока службы