

ЛИТЕРАТУРА

1. Испытания аппаратуры и средств измерений на воздействие внешних факторов/под ред. В.Д.Малинского. - М.: Машиностроение, 1993.- 153 с; 2. Ткаченко В.В., Закс Л.М. Система государственных испытаний продукции. - М.: Изд-во стандартов, 1984.-84 с; 3. Костылев Ю.С., Лосицкий О.Г. Испытания продукции. - М.: Изд-во стандартов, 1985. – 166 с; 4. Долинская М.Г., Таран В.А. Технологические испытания промышленной продукции.- М.: Изд-во стандартов, 1985 –203 с..

УДК 629.4. 027.27 (043)

В.И. Сенько, И.Ф. Пастухов, М.И. Пастухов

**ОБ УСИЛЕНИИ КОНТРОЛЯ ЗА ЛИТЫМИ ДЕТАЛЯМИ ТЕЛЕЖЕК
ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ
И ПЛАНОВЫХ ВИДАХ РЕМОНТА**

*Белорусский государственный университет транспорта
Гомель, Беларусь*

Боковые рамы и надрессорные балки тележки модели 18-100 грузовых вагонов относятся к крупногабаритным литым деталям со значительной разностенностью и сложными переходами, изготовить которые без литейных дефектов практически невозможно. При их изготовлении на вагоностроительных заводах осуществляется только визуальный контроль и поэтому скрытые дефекты в деталях не выявляются и они проявляют себя в эксплуатации как концентраторы напряжений и источники зарождения усталостных трещин. Борьба с дефектами ведется с момента начала выпуска тележек с литыми деталями. К текущему моменту большинство ремонтных предприятий стран СНГ оснащены неразрушающими средствами контроля, позволяющими выявлять при плановых ремонтах вагонов дефекты литья и возникающие от них в эксплуатации трещины в деталях. Для эффективной борьбы с дефектами разработана нормативная документация (ОСТ 32.183-2001 и др.), регламентирующая зоны неразрушающего контроля. Однако эти требования по неразрушающему контролю не в полном объеме отражают фактическое положение решаемой задачи. А оно выражается в том, что в зону контроля рам не попадают верхние зоны колонок и верхние наклонные пояса над технологическими отверстиями, а в надрессорных балках – наклонные поверхности в местах размещения фрикционных клиньев. Однако в эксплуатации возникают усталостные трещины и в указанных зонах.

Исследования выполненные во ВНИИЖТе показали, что внутренние дефекты литья без существенных острых кромок, удаленные от поверхности более чем на 5 мм и имеющие объемную форму с размерами до 16 мм в наибольшем измерении, не приводят к резкому повышению концентрации напряжений. Например, коэффициент концентрации напряжений в надрессорной балке в зоне усадочной или газовой раковины, не выходящих на поверхность детали не превышает 1,35 [1]. Однако и такие дефекты приводят к снижению предела выносливости детали при 95% вероятности разрушения на 26% [2]. Поверхностные дефекты и особенно дефекты попадающие в зоны высоких напряжений могут приводить к еще большему снижению предела выносливости, чем внутренние.

Кроме того установлено [5], что в процессе эксплуатации литых деталей тележек грузовых вагонов снижаются пластические свойства стали деталей, происходит

увеличение предела текучести (в 1,5 раза за 15...25 лет службы) и снижается разность ($\sigma_b - \sigma_T$) между пределами прочности и текучести, величина которой определяет радиус пластической зоны в вершине усталостной трещины в детали и скорость ее «прорастания» через пластическую зону. Поэтому при техническом обслуживании вагонов детали постройки до 1980 г. должны подвергаться наиболее тщательному контролю на предмет выявления визуально обнаруживаемых трещин в зонах наибольших напряжений. При плановых ремонтах вагонов контроль за литыми деталями должен осуществляться с помощью современного оборудования неразрушающего контроля и учитывать как напряженное состояние деталей, так и зоны наиболее вероятного залегания дефектов.

Поэтому неразрушающий контроль литых деталей должен быть дифференцированным. Зоны, в которых напряжения малы (до 0,5 от допускаемых) или в зонах, в которых действуют сжимающие напряжения – достаточно визуального контроля. И, наоборот, в зонах растягивающих напряжений контроль должен быть физический и более строгий.

С целью оценки напряженного состояния литых деталей и проверки соответствия распределения эксплуатационных повреждений с законом распределения дефектов [4] по зонам боковой рамы выполнен ее расчет на прочность на осевую нагрузку $P_0 = 230,5$ кН (23,5 тс) на два режима нагружения: первый (I) и третий (III).

При I режиме нагружения учитывалась продольная сила инерции, передающаяся от тележки, вертикальная от массы брутто вагона и 50-процентная вертикальная добавка от продольной силы инерции кузова. При этом инерционные массы тележки и кузова определены, согласно «Норм...», исходя из замедления вагона 3,5g. Продольная сила удара в автосцепку в этом случае принята равной 3,5 МН (350 тс). Величины расчетных сил на раму составили: продольная – 89,3 кН (8,93 тс), вертикальная статическая от массы брутто вагона (93,98 т) – 216,58 кН (21,65 тс) и вертикальная составляющая сил инерции при соударении вагонов на сортировочной горке – 223,1 кН (22,31 тс). Суммарная вертикальная составляющая при 50-процентной доли инерционной силы равна 328 кН (32,8 тс). По III режиму нагружения на раму передаются статическая сила $P_{ст} = 21,65$ тс, динамическая $P_d = 11,23$ тс, вертикальная составляющая боковых сил $P_b = 3,85$ тс и вертикальная составляющая сил инерции при торможении $P_n = 1,258$ тс. Инерционная сила при торможении определена исходя из замедления 0,2g.

Расчет рамы выполнен методом конечных элементов. В силу симметрии конструкции и действующей нагрузки расчетная схема рамы принята для ½ ее части.

Анализ результатов расчета рамы на вертикальные нагрузки по III режиму нагружения (Рисунок 1) и расчетов при одновременном действии продольных и вертикальных нагрузок по I режиму нагружения (Рисунок 2) показал, что сечениями рамы, определяющими ее эксплуатационную надежность, являются сечения по наружному (1) и внутреннему (2) углу буксового проема, в зоне горизонтального пояса (5) под опорой на буксу, по верхнему наклонному поясу и в нижнем углу рессорного проема (3) [3].

Как видно из рисунка 1 величины напряжений в наружном углу (1) буксового проема практически не зависят от вертикальной нагрузки и чрезвычайно малы (менее 5 МПа). Тем не менее в этом сечении в эксплуатации возникает до 32% трещин от всех их по раме. Невелики напряжения и в горизонтальном опорном поясе (5) рамы (53 МПа при допускаемых по III режиму 130 МПа), а появление трещин в нем в эксплуатации наибольшее – 40% от всех остальных зон [3].

Анализ результатов расчета рамы по I режиму нагружения показал, что наибольшие напряжения в раме возникают в наружном углу буксового проема (1) и в

горизонтальном наклонном поясе (5), в которых при продольной нагрузке 30 кН напряжения соответственно равны 114,1 и 125 МПа, при нагрузке 46 кН – они достигают допускаемых значений для углеродистой стали 20Л – 183 МПа, а при расчетной продольной нагрузке 89,3 кН, возникающей при соударении вагонов на сортировочной горке – 342,7 МПа (Рисунок 2).

На рисунке 2 на графике $\sigma = f(T)$ нанесены значения допускаемых напряжений для различных марок сталей: 20Л; 20ГЛ; 20Г1ФЛ и 20ХГНФЛ. Из графиков следует, что предельная продольная сила, при которой напряжения в наружном буксовом углу рамы достигают допускаемых значений, равна: для стали 20Л – 46 кН (по экспериментальным данным – 75 кН); для стали 20ГЛ – 56 кН; для стали 20Г1ФЛ – 59 кН и для стали 20ХГНФЛ – 77 кН. Из этого сравнения следует, что для наиболее опасных зон рамы самым эффективным способом повышения их эксплуатационной надежности является переход на низколегированные стали повышенной прочности. Однако одного этого мероприятия недостаточно. Например, в нижнем углу рессорного проема рост продольной нагрузки при постоянной вертикальной не приводит к росту напряжений. И несмотря на то, что напряжения в нем значительно ниже допускаемых ($85 < 183$ МПа, для стали 20Л по I режиму) повреждения в этой зоне в эксплуатации встречаются. Это говорит о том, что в данном сечении разрушающими нагрузками являются не продольные ударные (квазистатические), а вертикальные динамические, возникающие в процессе движения по магистральным путям. Но поскольку от них возникают максимальные напряжения ниже допускаемых ($98,1 < 130$, для стали 20Л по III режиму), то дополняющим фактором для разрушения является появление на поверхности или внутри сечения (но не глубже 5 мм от поверхности) литейных дефектов. Литейные дефекты, являющиеся концентратором напряжений, становятся очагами зарождения усталостных трещин и источником разрушения деталей.

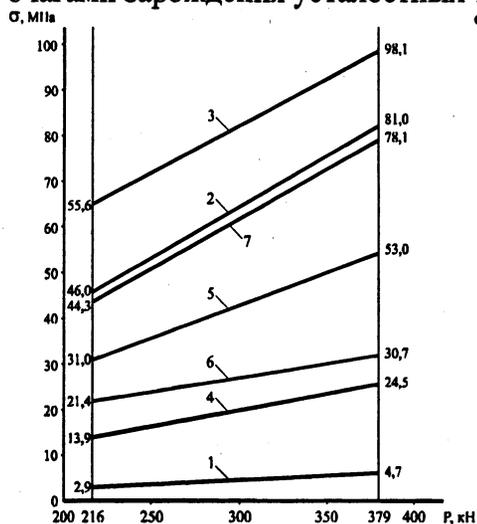


Рисунок 1. Зависимость напряжений в раме тележки модели 18-100 от вертикальной нагрузки: 1 – в наружном углу буксового проема; 2 – во внутреннем углу буксового проема; 3 – в нижнем углу рессорного проема; 4 – в верхнем углу рессорного проема; 5 – в горизонтальном поясе под опорой на буксу; 6 – в верхнем поясе рессорного проема; 7 – в верхнем наклонном поясе, примыкающем к буксовому проему

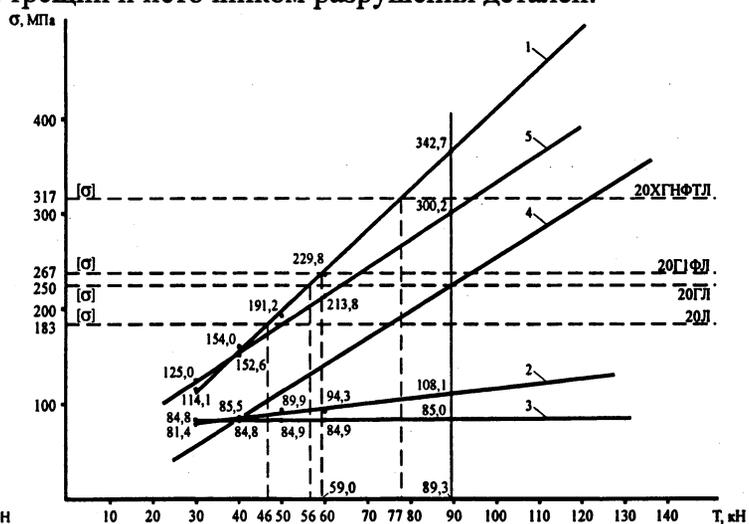


Рисунок 2. Зависимость напряжений в раме тележки модели 18-100 от продольной силы T при постоянной вертикальной силе 328 кН: 1 – в наружном углу буксового проема; 2 – во внутреннем углу буксового проема; 3 – в нижнем углу рессорного проема; 4 – в наружном углу буксового проема (экспериментальные данные ВНИИЖТа); 5 – в горизонтальном поясе под опорой на буксу

Таким образом, при любых режимах разрушение рамы в зонах 2 и 3 может быть только при попадании в них литых дефектов. Без дефектов – разрушения

маловероятны, так как напряжения в них ниже допускаемых. В зонах 1 и 5 напряжения могут превышать допускаемые при роспуске вагонов на сортировочных горках при маневровой работе (I режим). В частности, напряжения в них превышают допускаемые при движении вагонов с малыми скоростями через тормозные замедлители или при трогании вагона заторможенного на замедлителе. Поэтому разрушения рам в них доходят до 70% от всех остальных зон. Соответственно и опасность появления дефектов в зонах 1 и 5 выше, а следовательно, и контроль их должен быть более высокого качества.

Исходя из изложенного следует, что при изготовлении вагонов необходимо ввести неразрушающий контроль по 1, 2, 3 и 5 зонам рам, а при ремонте по рамам ввести обязательное дефектоскопирование зоны 5, а в надрессорных балках – наклонные поверхности под фрикционные клинья, внося изменения в ОСТ 32.183-2001.

ЛИТЕРАТУРА

1 Северинова Т.П., Шудрак С.М. Метод расчета напряженного состояния зоны технологического дефекта.// Вестник ВНИИЖТа, М.: 1996. №1. С.26...32; 2 Попов С.И., Худякова Н.А. Выбор критерия для оценки влияния литых дефектов на циклическую прочность деталей тележек грузовых вагонов. – В кн. Повышение надежности и совершенствование ремонта вагонов. Сб. научн. тр. ЦНИИ МПС, 1982, вып.652, С.115...120; 3 В.И. Сенько, И.Ф. Пастухов, М.И. Пастухов Анализ причин эксплуатационных повреждений литых деталей тележек грузовых вагонов.// Машиностроение. Республиканский межведомственный сборник научных трудов БНТУ, Мн.: 2003, вып.19. С.547...552; 4 В.И. Сенько, И.Ф. Пастухов, М.И. Пастухов Пути предупреждения эксплуатационных повреждений и продления срока службы литых деталей тележек модели 18-100 грузовых вагонов.// Машиностроение. Республиканский межведомственный сборник научных трудов БНТУ, Мн.: 2004. С.238...244; 5 Северинова Т.П. Исследование трещиностойкости сталей литых деталей тележек грузовых вагонов после длительного периода эксплуатации.// Вестник ВНИИЖТа. М.: 1999. №3. С. 35...40.

УДК 621.833.004.12

Г.И. Передкова, Е.И. Федоренко, Р.Ю. Щербаков

РАЗРАБОТКА СИСТЕМНОГО ПОДХОДА И МЕТОДОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ ТРАНСМИССИЙ

*Институт механики и надежности машин НАН Беларуси
Минск, Беларусь*

Проблема создания конкурентоспособной техники возникает с возрастанием энергонасыщенности машин и повышением удельной напряженности деталей. В связи с этим появляется необходимость в разработке системного подхода и информационных технологий, позволяющих эффективно использовать результаты фундаментальных научных исследований, отражающих физическую сущность явлений, происходящих в поверхностных слоях высоконапряженных деталей. Эта проблема возникает в связи с тем, что существующие разработки автоматизированных технологий производства зубчатых колес недостаточно