

Однако при переходе с обратного на прямой сила выходит на линию номинальной силовой характеристики за 45 мм хода аппарата, и далее этот процесс повторяется. При моделировании соударений вагонов колебаний с большими амплитудами замечено не было, а малые колебания встречаются часто. На правом рисунке показан аналогичный процесс, но амплитуда колебаний равна 2,5 мм. Как видно из рисунка, при возникновении малых возвратно-поступательных движений нажимного конуса сила на прямом ходе оказывается существенно меньше, чем при обычном прямом ходе.

Анализ показал, что в этот момент силы трения, действующие на клин (поз. 3) со стороны тел (5 и 6) направлены в разные стороны, со стороны конуса (поз 5) – вверх, а со стороны опорной пластины (поз. 6) – вниз. Это объясняется тем, что в этот момент малым смещения конуса (малому ходу) соответствует большое поперечное смещение клина за счет деформаций корпуса. Такое распределение сил трения значительно уменьшает силу сопротивления аппарата, снижает его энергоемкость и должно учитываться при моделировании.

УДК 629.4.027.27

ВЛИЯНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ЗАПАСА СОПРОТИВЛЕНИЯ УСТАЛОСТИ НА ТЕХНИЧЕСКИЙ РЕСУРС ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ ТЕЛЕЖЕК ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ

М. И. ПАСТУХОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В настоящее время под четырехосными грузовыми вагонами продолжают эксплуатироваться двухосные тележки с литыми боковыми рамами и надрессорными балками (ГОСТ 9246). В процессе длительной эксплуатации тележки претерпели ряд конструктивных изменений и технологии изготовления литых деталей. Данные изменения продиктованы значительным ростом осевых нагрузок на литые детали тележек. При этом необходимым условием является повышение несущей способности литых деталей, их надежности и технического ресурса. Однако несмотря на значительный рост осевых нагрузок, наблюдается рост технического ресурса литых деталей с 30 до 32 лет. Достигнутые результаты вагоностроительной отрасли промышленности являются следствием роста допускаемого коэффициента запаса сопротивления усталости литых деталей с $[n] = 1,2$ до $[n] = 1,8$ (ГОСТ 32400). В перспективе планируется увеличение коэффициента запаса сопротивления усталости до $[n] = 2,0$.

Возникает необходимость исследования влияния коэффициента запаса сопротивления усталости боковых рам и надрессорных балок тележек грузовых вагонов на их технический ресурс (новых) или остаточный ресурс после длительной эксплуатации.

Коэффициент запаса сопротивления усталости литых деталей тележек определен по методике ВНИИВа [2]:

$$n = \frac{P_a(0,95) + \Psi_\sigma (P_T - P_{ст} K_n)}{P_{ст} K_n K_{дз}}, \quad (1)$$

где $P_a(0,95)$ – предел выносливости детали при вероятности неразрушения 0,95 при базовом числе циклов нагружения $N_0 = 10^7$, полученный по результатам усталостных испытаний. По результатам натурных испытаний деталей ФГУП «ПО Уралвагонзавод» [3] предел выносливости боковой рамы из стали 20ГЛ при вероятности неразрушения $P = 0,95$ в состоянии поставки составляет $P_a(0,95) = 156$ кН (15,55 тс), а надрессорной балки – $P_a(0,95) = 165$ кН (16,53 тс) (тележки модели 18-100); Ψ_σ – коэффициент чувствительности детали к асимметрии цикла; P_T – постоянная средняя нагрузка цикла; $P_{ст}$ – вертикальная статическая нагрузка брутто на деталь; K_n – коэффициент использования грузоподъемности вагона; $K_{дз}$ – коэффициент вертикальной динамической нагрузки на деталь.

Величины коэффициентов запаса сопротивления усталости литых деталей тележки 18-100 в состоянии поставки составляют: для боковой рамы – $n = 1,64$, для надрессорной балки – $n = 1,27$.

В процессе эксплуатации тележек наблюдается увеличение предела выносливости за счет выбраковки деталей с литейными дефектами в опасных зонах. Испытания литых деталей на усталость после длительной эксплуатации (30 лет) показали, что предел выносливости рам при вероятности

неразрушения $P = 0,95$ возрастает на 28 %, а надрессорных балок – на 54 % [5]. Поэтому при оценке остаточного ресурса литых деталей через t лет эксплуатации в величину предела выносливости $P_a(0,95)$ зависимости (1) вносится поправочный коэффициент K_t , с учетом которого пересчитываются коэффициенты запаса сопротивления усталости деталей. То есть в зависимость (1) вместо $P_a(0,95)$ подставляется $P_a(0,95)K_t$.

Технический ресурс литых деталей в состоянии поставок (до начала эксплуатации) определяется по зависимости

$$T_{\text{рес}} = T_n \left(\frac{n}{[n]} \right)^m, \quad (2)$$

где T_n – назначенный срок службы детали, лет; n и $[n]$ – соответственно расчетный и допускаемый коэффициенты запаса сопротивления усталости. Допускаемый коэффициент запаса сопротивления усталости регламентируется [1], расчетный коэффициент запаса сопротивления усталости n определяется по зависимости (1).

Остаточный ресурс литых деталей после длительной эксплуатации определяется по зависимости

$$T_{\text{ост}} = (T_n - T_t) \left(\frac{n}{[n]} \right)^m, \quad (3)$$

где T_t – срок службы детали на момент t контроля, годы.

По материалам натуральных испытаний ФГУП «ПО Уралвагонзавод» [3] определены остаточные ресурсы $T_{\text{ост}}$ боковых рам и надрессорных балок тележки 18-100, изготовленных из низколегированной стали 20ГЛ в состоянии их поставки.

Величины $T_{\text{ост}}$ найдены для значений $[n] = 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0$ по зависимости (3) при постоянных значениях $n = 1,64$ – для боковых рам и $n = 1,27$ – для надрессорных балок, при значениях $m = 4,5; 4,28; 4,0$ – для боковых рам и $m = 4,18; 4,0; 3,75$ – для надрессорных балок [1].

Расчеты показывают, что ни боковая рама, ни надрессорная балка, изготовленные из стали 20ГЛ тележки 18-100, не обеспечивают требования ГОСТ 32400 на соответствие допускаемому коэффициенту запаса сопротивления усталости $[n] = 1,8$ в состоянии поставки и величине назначенного срока службы $T_n = T_{\text{ост}} = 32$ года, установленного [4]. Однако безопасность движения вагонов с тележками 18-100 в течение $T_n = 32$ года обеспечивается на требуемом уровне благодаря повышению уровня диагностирования литых деталей и выбраковке тех из них, которые по дефектам не отвечают требованиям [4].

Расчетные значения коэффициентов запаса сопротивления усталости литых деталей возрастают с увеличением их срока службы, что приводит к сохранению их потенциала по несущей способности при длительной эксплуатации.

Тележки модели 18-578 грузовых вагонов оборудованы боковыми рамами и надрессорными балками повышенной несущей способности [3]. Пределы выносливости при вероятности неразрушения $P = 0,95$ соответственно составляют $P_a(0,95) = 185$ кН (18,49 тс) и $P_a(0,95) = 250$ кН (25,01 тс). И как следствие, у тележек модели 18-578 коэффициенты запаса сопротивления усталости в состоянии поставки составляют: боковых рам – $n = 1,94$, надрессорных балок – $n = 1,91$, а технический ресурс при $T_t = 0$ и $[n] = 1,8$: боковых рам – $T_{\text{ост}} = 44$ года, надрессорных балок – $T_{\text{ост}} = 40,6$ года.

То есть технический ресурс боковых рам и надрессорных балок тележек 18-578 на 8–12 лет превышает назначенный срок службы $T_n = 32$ года.

Проведенные исследования показали, что литые детали тележки 18-100 обладают техническим ресурсом на уровне назначенного срока службы 32 года и изменению не подлежат. Технический ресурс литых деталей тележки 18-578 превышает назначенный срок их службы 32 года на 8–12 лет и для них установленный срок службы может быть увеличен с 32 до 40 лет, при проведении усталостных испытаний литых деталей после длительной эксплуатации (30 лет) и подтверждении полученных теоретических расчетов.

Список литературы

1 Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). М. : ГосНИИВ – ВНИИЖТ, 1996. – 319 с.

2 К оценке запасов усталостной прочности надрессорных балок и боковых рам тележки ЦНИИ-ХЗ-О по результатам полных усталостных испытаний / В. С. Плоткин [и др.] // Сб. науч. тр. ВНИИВ. – М., 1978. – Вып. 35. – С. 41–47.

3 Технический уровень тележки 18-578 в сравнении с тележкой 18-100 / В. П. Ефимов // Железнодорожный транспорт. – 2006. – № 7. – С. 56–60.

4 ОСТ 32.183–2001. Тележки двухосные грузовых вагонов колеи 1520 мм. Детали литые. Рама боковая и балка надрессорная. Технические условия. МПС России. – Утв. и введ. в действие с 01.05.2002 г. – 22 с.

5 Отчет о научно-исследовательской работе «Проведение испытаний на выносливость надрессорных балок и боковых рам тележек ЦНИИ-ХЗ со сроком службы, превышающим 30 лет». – Брянск : ГГТУ, 1999. – 57 с.

УДК 629.4.023.14

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НАГРУЗОК, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА ТОРЦЕВЫЕ СТЕНЫ ПОЛУВАГОНА ПРИ СОУДАРЕНИИ

А. В. ПИГУНОВ, Е. А. ЗАДОРЖНЮК, П. М. АФАНАСЬКОВ, П. М. БУЙЛЕНКОВ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Вагоны, перевозящие сыпучие грузы, широко применяются на сети железных дорог Беларуси. Это полувагоны и хопперы, которые перевозят песок, цемент, зерно и минеральные удобрения. Одним из наиболее нагруженных элементов конструкции вагонов данного типа при определенных режимах эксплуатации (ропуск с сортировочной горки) является торцевая стена.

Для оценки динамической нагруженности торцевой стены кузова полувагона применялся программно-аппаратный комплекс Tekscan I-Scan, являющийся мощным инструментом, позволяющим точно измерить и произвести анализ давления, возникающего между двумя, практически любыми поверхностями, при помощи использования тонких и гибких сканеров. В качестве модели кузова вагона применялась емкость с геометрическими размерами $0,5 \times 0,74 \times 0,45$ м, в качестве сыпучего груза – песок. Взвешивание показало, что для полного заполнения объема модели песком без «шапки» необходимо 0,304 т. Соударения модели с упором производилось в диапазоне скоростей от 2,6 до 5,9 км/ч.

Анализ полученных экспериментальных данных показал, что при соударении на скорости 2,6 км/ч величина нагрузки составляет 0,091 т, это порядка 30 % от грузоподъемности. С увеличением скорости соударения до 3,45 км/ч наблюдается резкий рост нагрузки, и ее величина составляет 0,219 т, что более 70 % грузоподъемности. При дальнейшем увеличении скорости соударения величина нагрузки растет, практически, по линейной зависимости и на скорости 5,9 км/ч достигает 90 % от грузоподъемности.

При скорости соударения ниже 3,45 км/ч величина инерционной нагрузки ниже, чем при более высоких скоростях соударения. Это объясняется тем, что подвижность сыпучего груза ограничивают силы внутреннего трения между частицами песка.

Распределение давления по поверхности торцевой стены модели приведено на рисунке 1.

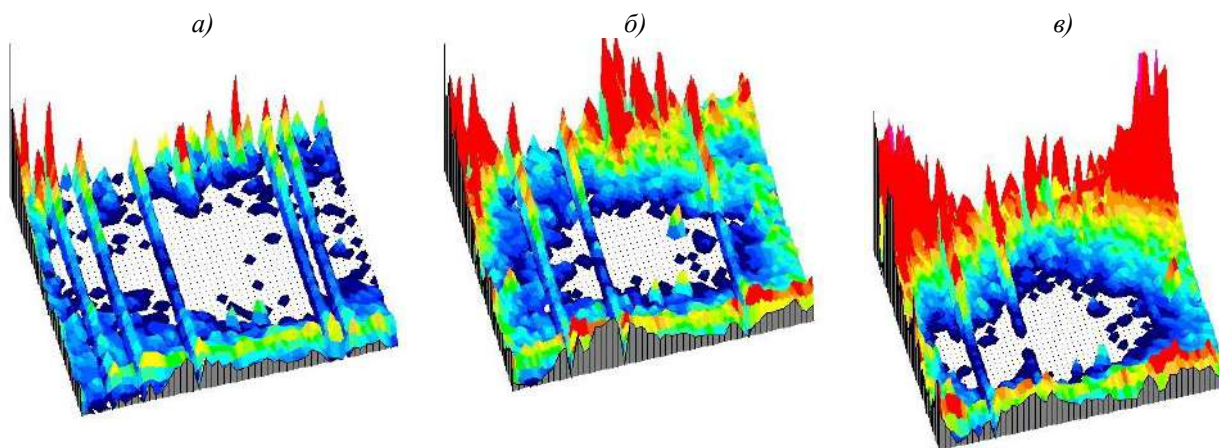


Рисунок 1 – Распределение давления по поверхности торцевой стены при соударении:
а – скорость соударения 2,6 км/ч; б – скорость соударения 3,45 км/ч ; в – скорость соударения 5,9 км/ч