

меньшую консоль, чем на других станках, что также значительно повышает жесткость системы и производительность обработки. Шпиндели станка имеют жесткую конструкцию за счет использования 2-рядных роликовых подшипников.



Рисунок 2 – Специальная фреза для обработки отверстия под валик подъемника

Управление станком осуществляется от системы ЧПУ модели NC-110, что позволяет достаточно гибко управлять процессами обработки хвостовика, большого и малого зубьев с однократной «привязкой» системы управления к детали. Система ЧПУ после «привязки» в автоматическом режиме выдерживает параметры обработки большого и малого зубьев с обеих сторон. При обработке корпуса автосцепки обеспечиваются: точные геометрические размеры профиля и расстояние между ударной и тяговой поверхностями малого зуба; расстояние между ударной и тяговой поверхностями большого зуба; расстояние между цилиндрической частью хвостовика и пазом для клина тягового хомута. На станке СФС-02 CNC реализован принцип автоматической смены режущего инструмента, что очень удобно для обслуживающего персонала и существенно повышает производительность труда.

Опыт использования станка модели СФС-02 CNC показывает, что обработка корпуса автосцепки сокращается с 2,5 часов до 45 минут при более высоком качестве. Это делает его весьма перспективным для использования на вагоноремонтных предприятиях Белорусской железной дороги.

УДК 629.4.01

## **ИЗМЕРЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНЫХ И БОКОВЫХ СИЛ, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА БОКОВУЮ РАМУ ТЕЛЕЖКИ ПРИ ДВИЖЕНИИ ВАГОНА**

*Р. В. РАХИМОВ, Ю. П. БОРОНЕНКО*

*Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I,  
Российская Федерация*

При проведении ходовых испытаний грузовых вагонов важное значение имеет точное определение их динамических качеств, которые определяются расчетно-эмпирическим методом [1]. Среди показателей динамических качеств грузовых вагонов можно выделить коэффициент динамической добавки необрессоренных частей и рамные силы. Эти показатели рассчитываются через значения вертикальных и боковых сил, действующих на раму тележки от колесной пары при движении вагона.

В настоящее время существующие методы измерения вертикальной силы, с помощью которой рассчитывается коэффициент динамической добавки необрессоренных частей тележки, в том числе и традиционная схема измерения согласно ГОСТ 33788–2016 [2], которая состоит из двух активных тензорезисторов, установленных на поверхности радиуса, образованного зоной перехода от верхнего пояса боковой рамы к наклонному поясу, и двух компенсационных тензорезисторов, не позво-

ляют определить ее значение с достаточной точностью. При одновременном действии нескольких сил существующие схемы не в полной мере позволяют исключить влияние дополнительных нагрузок, возникающих при движении в кривых участках пути и на стрелочных переводах, что существенно влияет на погрешность измерения вертикальной силы.

Проведенные в работе [3] теоретические исследования нагруженности боковой рамы тележки грузового вагона с применением метода конечных элементов при действии нагрузок от колесной пары показали, что при действии продольной силы на внутренний опорный упор буксового проема, а также по площадке контакта клина и стенки рессорного проема при принятой схеме измерения по ГОСТ 33788–2016 значение вертикальной силы уменьшается, тогда как при действии продольной силы на наружный опорный упор буксового проема ее значение увеличивается. Это приводит к существенным ошибкам в определении коэффициента динамической добавки необрессоренных частей при ходовых испытаниях. Также установлено, что традиционная схема установки тензорезисторов для измерения боковых (рамных) сил согласно ГОСТ 33788–2016, которая состоит из восьми тензорезисторов (рисунок 1), размещенных с двух сторон на верхнем и наклонном поясах боковой рамы тележки, при соединении тензорезисторов в два полных моста с четырехпроводной схемой подключения с дальнейшей обработкой сигналов позволяет применить схему одновременно для измерения вертикальных и боковых (рамных) сил, действующих на раму тележки от колесной пары [4].

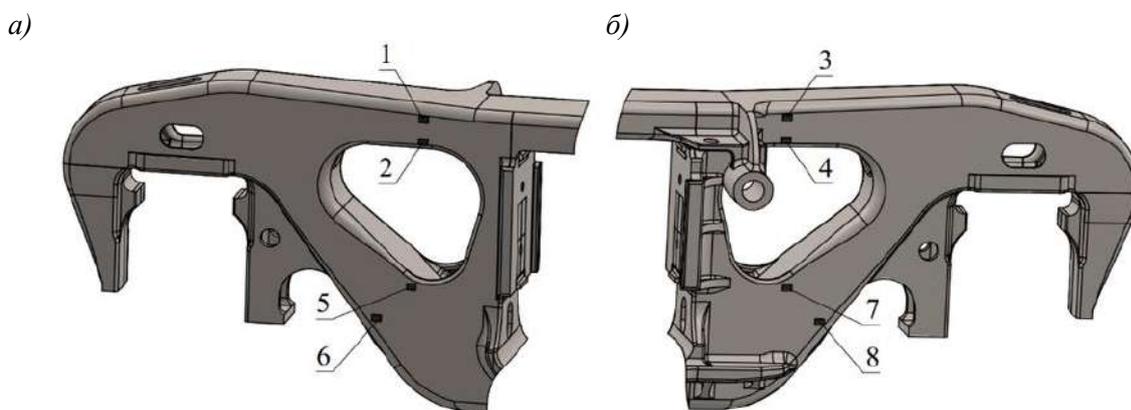


Рисунок 1 – Схема установки тензорезисторов для измерения вертикальных и боковых сил на боковой раме тележки:  
а – вид снаружи; б – вид изнутри; 1–8 – номера тензорезисторов

Величины вертикальной и боковой сил, выраженные через деформации, имеют следующий вид:

$$P_v = K_v \frac{E}{1-\mu^2} \epsilon_{x1} + \epsilon_{x2} + \epsilon_{x3} + \epsilon_{x4} - \epsilon_{x5} - \epsilon_{x6} - \epsilon_{x7} - \epsilon_{x8} ;$$

$$P_6 = K_6 \frac{E}{1-\mu^2} \epsilon_{x1} + \epsilon_{x2} - \epsilon_{x3} - \epsilon_{x4} + \epsilon_{x5} + \epsilon_{x6} - \epsilon_{x7} - \epsilon_{x8} ,$$
(1)

где  $K_v$  и  $K_6$  – постоянные коэффициенты соответственно для измерения вертикальной и боковой сил, определяемые при градуировке тензометрических схем;  $E$  – модуль упругости;  $\mu$  – коэффициент Пуассона;  $\epsilon_{xi}$  – линейные деформации, вызванные продольными нормальными напряжениями  $\sigma_{xi}$  в измерительных точках, расположенных на поверхности боковой рамы тележки.

Если учесть, что

$$S_1 = \epsilon_{x1} + \epsilon_{x2} - \epsilon_{x7} - \epsilon_{x8};$$

$$S_2 = \epsilon_{x3} + \epsilon_{x4} - \epsilon_{x5} - \epsilon_{x6},$$
(2)

то выражения (1) можно записать следующим образом:

$$P_v = K_v \frac{E}{1-\mu^2} \epsilon_{x1} + \epsilon_{x2} - \epsilon_{x7} - \epsilon_{x8} + \epsilon_{x3} + \epsilon_{x4} - \epsilon_{x5} - \epsilon_{x6} ;$$

$$P_6 = K_6 \frac{E}{1-\mu^2} \epsilon_{x1} + \epsilon_{x2} - \epsilon_{x7} - \epsilon_{x8} - \epsilon_{x3} + \epsilon_{x4} - \epsilon_{x5} - \epsilon_{x6} .$$
(3)

Чтобы использовать одну схему установки тензорезисторов для измерения вертикальных и боковых сил, действующих на раму тележки от колесной пары, тензорезисторы целесообразно соединить в два полных моста с четырехпроводной схемой подключения. Это позволит получить суммирование и вычитание сигналов  $S_1$  и  $S_2$ .

Тогда из выражений (2) и (3) получаем формулы для вычисления вертикальной и боковой сил, действующих на боковую раму тележки от колесной пары при движении вагона:

$$\begin{aligned} P_v &= K_v \frac{E}{1-\mu^2} S_1 + S_2 ; \\ P_b &= K_b \frac{E}{1-\mu^2} S_1 - S_2 . \end{aligned} \quad (4)$$

Таким образом, традиционная схема установки тензорезисторов для измерения боковых сил, согласно ГОСТ 33788–2016, при соединении тензорезисторов в два полных моста с четырехпроводной схемой подключения, согласно выражениям (4), позволяет применить схему одновременно для измерения вертикальных и боковых сил. Это дает возможность повысить точность измерений вертикальной силы, с помощью которой рассчитывается коэффициент динамической добавки необрессоренных частей при проведении испытаний согласно ГОСТ 33788–2016, и обеспечить одновременное измерение вертикальных и боковых сил, передающихся на боковую раму тележки от колесной пары, что позволит, не увеличивая количество измерительных каналов в аппаратуре, сократить число тензорезисторов для измерения рассматриваемых сил при проведении ходовых динамических испытаний.

#### Список литературы

- 1 ГОСТ 33211–014. Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам. – Введ. 2016–01.07. – М. : Стандартинформ, 2016. – 54 с.
- 2 ГОСТ 33788–2016. Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и динамические качества. – Введ. 2017–01.05. – М. : Стандартинформ, 2016. – 41 с.
- 3 **Бороненко, Ю. П.** Разработка новых методов измерения вертикальных сил, действующих на боковую раму тележки от колесной пары при движении вагона / Ю. П. Бороненко, Р. В. Рахимов, А. В. Белянкин // Известия ПГУПС. – 2020. – Т. 17. – Вып. 1. – С. 7–22.
- 4 Способ измерения вертикальных и боковых сил, действующих на боковую раму тележки от колесной пары при движении вагона: заявка на изобретение 2020125348 Российская Федерация: МПК G01L 5/16 / Ю. П. Бороненко, Р. В. Рахимов, М. В. Зимакова, С. В. Дмитриев, С. Ю. Петухов, А. В. Белянкин; заявитель и патентообладатель АО «НВЦ «Вагоны»; заявл. 23.07.2020.

УДК 629.4.027.27

## АНАЛИЗ ОТКАЗОВ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ВАГОНОВ ПО ПРИЧИНЕ ИЗНОСА ВТУЛОК ТЕЛЕЖКИ

*А. П. РУДКОВСКИЙ, С. М. ВАСИЛЬЕВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Проведенный анализ отказов работоспособности вагонов, выявленных на станции Жлобин за 2019 год, показал, что 266 из 416 связаны с износом/изломом/отсутствием втулки подвески башмака. Это привело к простоям вагонов, несвоевременной доставке груза, затратам на ремонт и выплатам дополнительной премии (в размере одной базовой величины за каждый случай обнаружения) осмотрщику-ремонтнику вагонов.

Узел подвески тормозного башмака представлен на рисунке 1.

Втулка выполнена двухслойной и состоит из внутреннего рабочего слоя скольжения и наружного демпфирующего слоя.

Данные втулки имеют низкие прочностные характеристики. Кроме того, из-за наличия в составе материала втулок большого количества формальдегидной смолы при изготов-

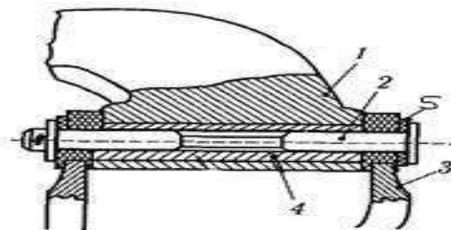


Рисунок 1 – Узел подвески тормозного башмака:  
1 – кронштейн боковой рамы; 2 – валик подвески; 3 – подвеска башмака; 4 – втулка (волоконитовая); 5 – втулка полиуретановая