

УДК 629.463.66-192.001.55: 001.891.5

Канд. техн. наук А.В.Донченко,
інженери Д.В. Федосов-Никонов,
В.А. Серєда, О.В. Орлов (ГП «УкрНИИВ»)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ БУНКЕРНОГО ВАГОНА ПРИ СОУДАРЕНИИ

Представил д-р техн. наук, профессор И.Э. Мартынов

Постановка задачи. Вагоны-хопперы имеют существенные отличительные особенности от грузовых вагонов других типов – наличие разгрузочных бункеров и наклонных торцевых стен кузова. Указанные отличия во многом определяют прочностные качества бункерных вагонов. В эксплуатации эти вагоны получают различные виды повреждений, основные из которых обусловлены воздействием

ударных нагрузок при роспуске вагонов с горок. Поэтому задачи, направленные на повышение прочности и надежности бункерных вагонов, являются актуальными.

Основной материал. Исследованиям прочности подвергался бункерный вагон для технического углерода модели 25-4046 (основные технические характеристики представлены в таблице) при ударном воздействии продольной силы 3,5 МН.

Таблица

Наименование показателя	Величина показателя
Ширина колеи, мм	1520
Количество осей	4
Грузоподъемность, т, не более	60
Масса тары, т	25,4
Длина по осям сцепления автосцепок, мм	17500
Объем кузова, м ³	146
Конструкционная скорость, км/ч, не более:	120
Габарит (по ГОСТ 9238)	1-Т
Тип тормоза	Пневматический, колодочный

Экспериментальные исследования выполнены тензометрическим методом, причем особое внимание уделялось измерению деформаций в шкворневом узле, как наиболее нагруженном.

Обработка данных статических прочностных испытаний выполнялась с использованием автоматизированных комплексов обработки опытных данных с использованием статистических методов.

Измеряемая величина при статических испытаниях определялась по

разности показаний средств измерительной техники до нагружения и после него

$$\sigma = (\Delta - \Delta_0) \cdot K, \quad (1)$$

где Δ – показания средств измерительной техники в груженом состоянии объекта испытаний;

Δ_0 – показания средств измерительной техники в порожнем состоянии объекта испытаний;

К – калибровочный коэффициент средств измерительной техники, определенный по формуле (2).

$$K = \frac{R_{\delta}}{R_{ш} \cdot A_{ш}}, \quad (2)$$

где R_{δ} – сопротивление тензорезистора, Ом;
 $R_{ш}$ – сопротивление калибровочного шунта, Ом;

$A_{ш}$ – амплитуда (отклонение) процесса, измеренная при калибровании, В.

Напряжения σ , МПа, в элементах конструкции в местах установки тензорезисторов определялись по следующим формулам

- для одиночных тензорезисторов

$$\sigma = a \cdot \frac{R_{\delta}}{R_{ш} \cdot A_{ш}} \cdot \frac{E}{K_m}, \quad (3)$$

где a – амплитуда (отклонение) процесса, В;

R_{δ} – сопротивление тензорезистора, Ом;

$R_{ш}$ – сопротивление калибровочного шунта, Ом;

$A_{ш}$ – амплитуда (отклонение) процесса, измеренная при калибровании, В;

E – модуль упругости материала исследуемой детали, МПа;

K_m – коэффициент чувствительности тензорезистора;

- для одиночных розеток

$$\sigma = E \times \varepsilon, \quad (4)$$

- для розетки из трех датчиков (веерного типа) определяются деформации в направлении главных напряжений:

первоначально определяется направление главных напряжений по углу α

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{2 \cdot \varepsilon_{45} - (\varepsilon_0 + \varepsilon_{90})}{\varepsilon_0 - \varepsilon_{90}}, \quad (5)$$

где $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ – деформации в направлении главных напряжений;

$\varepsilon_0, \varepsilon_{45}, \varepsilon_{90}$ – деформация датчиков под углом соответственно $0^{\circ}, 45^{\circ}, 90^{\circ}$ в розетке; затем определяют деформации в направлении главных напряжений

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{2} \cdot \left(\varepsilon_0 + \varepsilon_{90} + \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_{90}}{\cos 2\alpha} \right), \quad (6)$$

$$\varepsilon_2 = \frac{1}{2} \cdot \left(\varepsilon_0 + \varepsilon_{90} + \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_{90}}{\cos 2\alpha} \right) \quad (7)$$

после этого определяются главные напряжения по зависимостям

$$\sigma_1 = E \cdot \frac{\varepsilon_1 + \mu \cdot \varepsilon_2}{1 - \mu^2} \quad (8)$$

$$\sigma_2 = E \cdot \frac{\varepsilon_2 + \mu \cdot \varepsilon_1}{1 - \mu^2} \quad (9)$$

для Т-образной розетки, ссылаясь на то, что направление главных напряжений известно (σ_x и σ_y имеют направления $\varepsilon_1, \varepsilon_2$),

$$\sigma_x = 1,1\varepsilon_1 \cdot E + 0,33\varepsilon_2 \cdot E, \quad (10)$$

$$\sigma_y = 1,1\varepsilon_2 \cdot E + 0,33\varepsilon_1 \cdot E, \quad (11)$$

где $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ – относительные деформации;

E – модуль упругости I рода. Для стали $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа.

Эквивалентные напряжения определяются по формуле (12)

$$\sigma_E = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y} \quad (12)$$

Полученные в результате обработки данных напряжения от статической нагрузки брутто использовались для оценки прочности конструкции вагона при соударении.

Оценка прочности конструкции по результатам испытаний на соударение выполнялась по формуле (13)

$$(\sigma_{\text{верт.}} + \sigma_{\text{уд.}}) \leq \sigma_m \quad (13)$$

где $\sigma_{\text{верт.}}$ – напряжения от действия вертикальной нагрузки брутто, МПа;

$\sigma_{\text{уд.}}$ – напряжение от действия удара усилием 3,5 МН;

σ_m – предел текучести материала, МН.

По результатам экспериментальных исследований было установлено, что максимальные суммарные напряжения в зоне шкворневого узла близки к допускаемым значениям. В частности,

суммарные напряжения на нижнем листе шкворневой балки в зоне соединения с хребтовой балкой составили 282 МПа, что составляет 96,5 % от допускаемого значения [295] МПа. На верхнем листе шкворневой балки в зоне соединения с хребтовой балкой суммарные напряжения составили 259 МПа, что составляет 88 % от допускаемого значения. На рис. 1, 2 показаны напряжения, полученные в данных точках, при испытаниях на прочность при соударении.

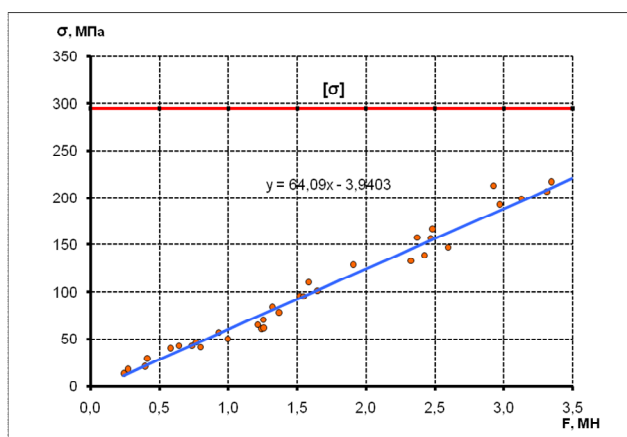


Рис. 1. Напряжения на нижнем листе шкворневой балки от продольной нагрузки

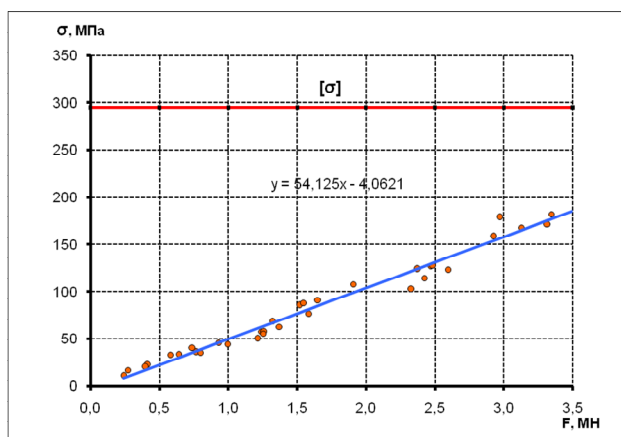


Рис. 2. Напряжения на верхнем листе шкворневой балки от продольной нагрузки

Выводы. На основании анализа результатов экспериментальных исследований рекомендуется с целью повышения прочности и надежности несущих узлов и деталей бункерного вагона, работающих в условиях длительного и интенсивного воздействия

динамических нагрузок, использовать материалы повышенной прочности (класс прочности 345 и выше), осуществлять разработку и применение принципиально новых конструктивных форм данных узлов с целью перераспределения нагрузок.

Список литературы

1. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных) / ГосНИИВ-ВНИИЖТ [Текст]. – [С изменениями и дополнениями 01.02.2000 г. и 01.03.2002 г.]. – М., 1996.
2. РД 24.050.37-95 Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и ходовые качества / ГосНИИВ [Текст]. – М., 1995.
3. Исследование динамики и прочности вагонов [Текст] / под ред. С.И. Соколова. – М.: Машиностроение, 1976.

4. Справочник по сопротивлению материалов [Текст] / Г.С. Писаренко, А.П. Яковлев, В.В. Матвеев. – К.: Наукова думка, 1988.

Ключевые слова: экспериментальные исследования, конструкция вагона, напряженно-деформированное состояние, бункерный вагон, ударные нагрузки.

Аннотации

Викладено методику та результати експериментальних досліджень напружено-деформованого стану конструкції вагона моделі 25-4046 під час випробувань на співудар, зроблено висновки щодо можливих варіантів перерозподілу напружень.

Изложены методика и результаты экспериментальных исследований напряженно-деформированного состояния конструкции вагона для технического углерода модели 25-4046 при испытаниях на соударение, сделаны выводы о возможных вариантах перераспределения напряжений.

Test procedure and experimental test results of stress-deformed state of wagon structures for carbon black, model 25-4046 at impact tests are presented; conclusions on probable stress redistribution types are drawn.