

УДК 629.463.63.023.001.41 : 001.891.5

А. В. Донченко
М. И. Соляник
Д. В. Федосов-Никонов
О. В. Орлов

**СТЕНДОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ
КАК ОДИН ИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ МЕТОДОВ
ОЦЕНКИ ПРОЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ ВАГОНОВ**

Рассматривается вопрос применения стендовых (циклических) испытаний для определения прочностных качеств вагона-платформы для перевозки крупнотоннажных контейнеров.

Розглядається питання використання стендових (циклічних) випробувань для визначення міцнісних якостей вагона-платформи для перевезення великотоннажних контейнерів.

A question concerning bench (cyclic) tests use for determination of strength characteristics of flat cars intended for multi-tonnage container is considered.

Ключевые слова: стендовые испытания, оценка прочности, конструкция вагона, вагон-платформа.

В настоящее время контейнерные перевозки занимают одно из ведущих мест среди железнодорожных перевозок Украины и ближнего зарубежья. Создание фитинговых длиннобазных платформ для перевозки крупнотоннажных контейнеров является сложной задачей.

Основной задачей при производстве новых моделей длиннобазных платформ является обеспечение надежности и безопасности контейнерных перевозок на весь срок эксплуатации при различных схемах погрузки.

Примером конструктивного исполнения длиннобазной платформы является опытный образец, изготовленный ПАО «Днепровагонмаш» (модели 13- 4147 для перевозки крупнотоннажных контейнеров).

Платформа представляет собой сварную конструкцию из хребтовой балки, выполненной из двух зетовых профилей переменной высоты по длине, передающей продольные усилия через сварные раскосы двутаврового сечения на боковые балки. Основные несущие элементы платформы выполнены из материала класса прочности не ниже 390.

© *Донченко А. В., Соляник М. И., Федосов-Никонов Д. В., Орлов О. В., 2013*

С повышением прочности у стали увеличивается чувствительность к концентрации напряжений в сварочных швах при вибрационных нагрузках, что обуславливает необходимость использования такого конструктивного исполнения, которое обеспечивает максимальное снижение концентрации напряжений. Эффективность конструктивных решений оценивают, как правило, при стендовых испытаниях.

Испытательным центром продукции вагоностроения Государственного предприятия «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения» (ИЦ ПВ ГП «УкрНИИВ») проводились стендовые (циклические) испытания данной модели вагона-платформы при наиболее неблагоприятной схеме погрузки, приведенной на рис. 1.



Рис. 1. Схема погрузки платформы контейнерами

Целью проведения данных испытаний являлась экспериментальная оценка прочности натуральных узлов и деталей вагона при обоснованно заданных режимах длительного вибрационного циклического нагружения, определение количественных характеристик сопротивления усталости (предела выносливости, циклической долговечности, коэффициентов запаса сопротивления усталости элементов конструкции вагона) с целью подтверждения назначенного срока службы.

В качестве основного оборудования при проведении стендовых испытаний применялся испытательный стенд с пневмомеханическим возбуждением колебаний резонансного типа, обеспечивающий создание внешнего возмущающего воздействия и поддерживающий режим колебаний. Пневмопульсаторные элементы стенда устанавливались под ударные розетки с обоих концов вагона и для повышения напряжений в исследуемых зонах были смещены вдоль продольной оси к шкворным балкам.

Для создания резонансного режима колебаний демпфирующие элементы были исключены из работы.

Режим испытаний выбирался исходя из расчетных данных по нагруженности узлов и деталей вагона, с учетом опыта стендовых и ходовых испытаний подобных конструкций. Величины амплитуд динамических напряжений в исследуемых зонах принимались из условия превышения в 1,5 – 2,0 раза расчетного предела выносливости при базовом числе циклов. Количество циклов нагружений составляло от $5 \cdot 10^5$ до $5 \cdot 10^7$. Исследования выполнялись путем возбуждения изгибных колебаний рамы вагона.

Обработка результатов испытаний проводилась в соответствии с требованиями «Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных)», Москва, 1996 г. (далее – «Норм...») [1], «Нормы для расчета и проектирования новых и модернизируемых вагонов железных дорог МПС

колеи 1520 мм (несамоходных)», М., 1983 г. (далее – «Нормм...») [2] и РД 24.050.37.95. – МПС, 1995 г. Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и ходовые качества»[3].

Соответственно из [2] Расчетное количество циклов при испытаниях определялось по формуле:

$$N_{\text{исп}}^p = \left(\frac{\sigma_{a,N}^p}{\sigma_{a,\text{исп}}^{\text{max}}} \right)^m N_0,$$

где m – показатель степени в уравнении кривой усталости, для металлоконструкций вагонов из низкоуглеродистой и легированной стали, $m=4$;

N_0 – базовое число циклов, $N_0 = 10^7$;

$\sigma_{a,\text{исп}}^{\text{max}}$ – максимальная среди исследуемых зон конструкций платформы амплитуда динамических напряжений при испытаниях.

Граница выносливости рамы платформы определялась по формуле:

$$\sigma_{a,N} = \sigma_{a,\text{исп}} \sqrt[m]{\frac{N_{\text{исп}}}{N_0}},$$

где $\sigma_{a,\text{исп}}$ – амплитуда динамического напряжения в исследуемой зоне при испытаниях;

$N_{\text{исп}}$ – достигнутое при испытаниях количество циклов колебаний до выявления трещин в исследуемой зоне.

Анализ результатов стендовых (циклических) испытаний от действия вертикальных сил показал, что коэффициенты запаса сопротивления усталости хребтовой и шкворневой балок вагона модели 13-4147, из расчета на срок службы 32 года при tare 24 т, соответствуют показателю 1,5, что не отвечает требованиям «Норм... – 83» [2]. С целью усиления хребтовой и шкворневой балок в конструкцию вагона были внесены изменения, при этом масса тары вагона-платформы увеличилась на 2 т.

В результате реконструкции были усилены следующие элементы: боковая балка, лобовой брус, а также хребтовая балка в зоне соединения со шкворневой балкой. Внешний вид хребтовой балки в зоне соединения со шкворневой балкой до реконструкции и после представлен на рис. 2, 3.

После внесения конструктивных изменений и проведения повторных статических прочностных испытаний установлено:

1) максимальные суммарные напряжения в основных элементах конструкции от нагрузок, которые возникают при ремонте и обслуживании вагона получены следующие:

– в хребтовой балке в зоне соединения со шкворневой балкой – 112,09 МПа, что составляет 31,9 % от допустимой величины;

– в шкворневой балке в зоне соединения с хребтовой балкой – 178,97 МПа, что составляет 50,98 % от допустимой величины;

– в лобовой балке – 185,21 МПа, что составляет 49,98 % от допустимой величины.

2) по I расчетному режиму зафиксированы максимальные суммарные напряжения и составляют:

– в хребтовой балке в зоне соединения со шкворневой балкой – 262,25 МПа, что составляет 74,72 % от допустимой величины;

– в шкворневой балке в зоне соединения с хребтовой балкой – 189,16 МПа, что составляет 53,89 % от допустимой величины,

- в боковой балке – 234,06 МПа, что составляет 63,17 % от допустимой величины;
- в лобовой балке – 214,03 МПа, что составляет 57,77 % от допустимой величины.



Рис. 2. Консольная часть вагона модели 13-4147 1-го варианта конструкции

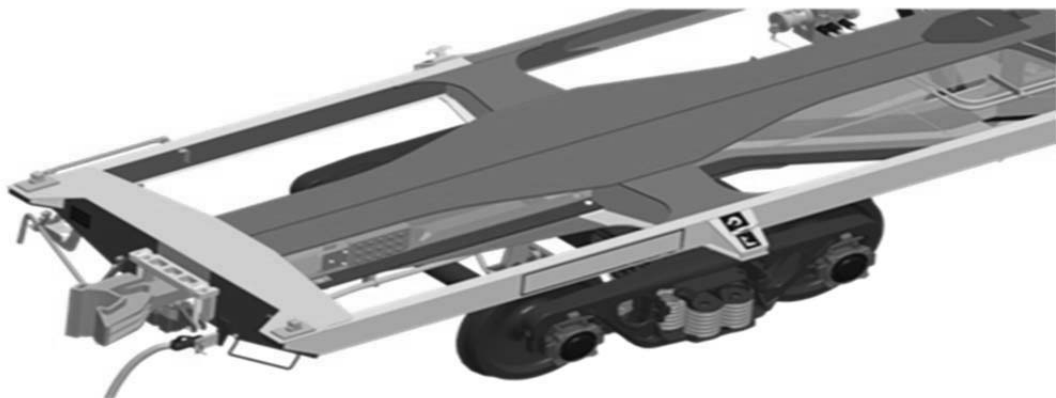


Рис. 3. Консольная часть вагона модели 13-4147 2-го варианта конструкции

3) по III расчетному режиму зафиксированы максимальные суммарные напряжения и составляют:

- в хребтовой балке в зоне соединения со шкворневой балкой – 209,47 МПа, что составляет 87,28 % от допустимой величины;
- в шкворневой балке в зоне соединения с хребтовой балкой – 104,55 МПа, что составляет 43,56 % от допустимой величины,
- в боковой балке – 202,55 МПа, что составляет 81,02 % от допустимой величины;
- в лобовой балке – 246,66 МПа, что составляет 98,66 % от допустимой величины.

Повторные стендовые циклические испытания подтвердили эффективность принятых конструктивных решений. Коэффициенты запаса сопротивления усталости основных несущих элементов конструкции вагона-платформы из расчета срока службы 32 года получены в пределах требований «Норм ... 83» [3].

В результате выполненных исследований были выявлены наиболее нагруженные зоны конструкции и рекомендованы варианты повышения выносливости узлов и деталей платформы, работающих в условиях длительного и интенсивного воздействия циклически изменяющихся нагрузок. Правильность предложенных конструктивных решений была подтверждена результатами повторных экспериментальных исследований.

На основании проведенного анализа результатов статических прочностных испытаний и стендовых (циклических) испытаний от действия вертикальных сил, установлено, что вагон отвечает требованиям «Норм ... 83», «Норм ... 96» и «РД 24.050.37.95».

ЛИТЕРАТУРА

1. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных), с изм. и доп. – М.: ВНИИВ-ВНИИЖТ, 1996. – 319 с.
2. Нормы для расчета и проектирования новых и модернизируемых вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных), с изм. и доп. – М.: ВНИИВ-ВНИИЖТ, 1983. – 258 с.
3. Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и ходовые качества». «РД 24.050.37.95. – МПС, 1995. – 101 с.