

УДК 629.463.62.018 – 048.35

А. Г. РЕЙДЕМЕЙСТЕР¹, В. А. КАЛАШНИК^{2*}, А. А. ШИКУНОВ³

¹Каф. «Вагоны и вагонное хозяйство», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. /факс +38 (056) 793 19 16, эл. почта reidemeister@mail.ru, ORCID 0000-0001-7490-7180

^{2*}Каф. «Вагоны и вагонное хозяйство», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. /факс +38 (056) 793 19 16, эл. почта kv47@i.ua, ORCID 0000-0002-8073-4631

³Каф. «Вагоны и вагонное хозяйство», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. /факс +38 (056) 793 19 16, эл. почта tri_s@ua.fm, ORCID 0000-0002-8256-2634

МОДЕРНИЗАЦИЯ КАК СПОСОБ УЛУЧШЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УНИВЕРСАЛЬНЫХ ВАГОНОВ

Цель. Основными требованиями к конструкции модернизированных вагонов являются те, которые позволят снизить эксплуатационные расходы и повысить экономическую эффективность их использования. В связи с актуальностью данной тематики необходимо провести комплекс исследований, который позволит в дальнейшем использовать универсальные платформы, переоборудованные согласно Техническим условиям ТУ 3182–065–71390252–2911 под перевозку контейнеров. В процессе исследований предполагается произвести: оценку прочности, запаса сопротивления усталости элементов конструкции и оценку соответствия прочностных характеристик элементов модернизированной платформы нормативной документации. **Методика.** Проведен анализ использования для перевозки контейнеров специализированного и универсального подвижного состава, вопросов модернизации универсальных вагонов. Выполнена оценка прочности несущей конструкции платформ на основании комплекса расчетных и экспериментальных исследований. Экспериментальная часть включает в себя испытания: статические, ударные и на ремонтные нагрузки. Произведена оценка прочностных качеств вагона и запаса усталостной прочности на базе расчетно-экспериментальных данных. **Результаты.** На основании проведенных статических, ударных и на ремонтные нагрузки испытаний, с учетом квазистатических продольных сил, произведена оценка прочности конструкции вагонов согласно нормативной документации. Расчетно-экспериментальные данные позволяют произвести оценку запаса сопротивления усталости элементов конструкции. Данная работа завершена получением результатов, которые позволяют обоснованно производить переоборудование универсальных платформ опорными плитами с фитинговыми упорами для крепления контейнеров. **Научная новизна.** Результаты проведенных расчетных и экспериментальных исследований показали, что модернизированные платформы отвечают условиям прочности и имеют достаточный запас сопротивления усталости. Это позволяет рекомендовать переоборудование универсальных платформ серийно всем вагоноремонтным предприятиям, представившим опытные образцы. **Практическая значимость.** Авторами проведен комплекс работ, на основании которых обоснована возможность переоборудования универсальных платформ под перевозку крупнотоннажных контейнеров. Часть вагонного парка, находящаяся в запасе, с небольшими материальными затратами может быть переведена в эксплуатационный парк. За счет проведенной модернизации – переоборудования универсальных платформ стационарными специализированными устройствами, – увеличивается коэффициент использования вагона.

Ключевые слова: платформа; контейнер; хребтовая балка; прочность конструкции; статические испытания; продольные нагрузки; ударные испытания; фитинговый упор; напряжения; оценка прочности

Введение

В последнее десятилетие среднегодовой рост объема мировых контейнерных перевозок доходил до 3 %. С увеличением такого роста возникает необходимость в пополнении вагонного парка вагонами для перевозки контейнеров. Это может осуществляться как специали-

зированными вагонами для перевозки контейнеров, так и использованием универсального подвижного состава (полувагоны, платформы). Предприятия вагоностроительной отрасли, такие как ЗАО «Протрактор-Вагон», ЗАО УК БМЗ, ОАО «Азова», ОАО «Алтайвагон», ОАО Днепровагонмаш, ОАО «ЗМК», ОАО КВСЗ,

РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

ОАО «Рузхиммаш», ОАО «Тверской ВСЗ», ОАО «Трансмаш» пропонують широкий вибір 40, 60, 80-футових вагонів для перевезення контейнерів [5], [6], [7], [8]. Як продовження робіт по удосконаленню таких вагонів, ОАО «Азовмаш» і ОАО НВЦ «Вагони» провели дослідження і розробили конструкції сучасних сочленених платформ для перевезення контейнерів [1], [5], [11]. Однак поповнення вагонного парку новими платформами і в технічному, і в економічному аспектах – процес не швидкий.

Поэтому встает вопрос использования вагонов существующего эксплуатационного парка. Анализ состояния инвентарного вагонного парка РЖД, приведенный в [12], показал, что наибольшее количество вагонов в запасе – платформы (37 %), у которых нормативный срок службы (32 года) не истек и предоставляется возможность использовать их для дальнейшей эксплуатации после последующей модернизации.

Вопросы модернизации и переоборудования вагонов под перевозки контейнеров, труб, леса и др. наиболее предметно рассматривались ОАО НВЦ «Вагони» [2], [3], [4], [12]. Здесь на протяжении ряда лет проводились исследования способов модернизации (конструктивные разработки) и обоснованию дальнейшей эксплуатации модернизированных вагонов. Одной из разработок является модернизация платформ моделей 13–401 и 13–4012 для перевозки на них крупнотоннажных контейнеров. Были разработаны Технические условия ТУ 3182–065–

71390252–2911 и проведен широкий комплекс расчетных и экспериментальных работ, включающий в себя: вписывание в габарит, динамических качеств, устойчивости конструкции вагона, статические и ударные испытания на прочность. На основании результатов исследований ТУ были утверждены РЖД и рекомендованы для широкого применения. Модернизация универсальных платформ для перевозки крупнотоннажных контейнеров заключается в оборудовании вагонов опорными плитами с фитинговыми упорами для крепления контейнеров (рис. 1). Модернизированные платформы имеют обозначения 13-401-50 и 13-4012-50 соответственно. Оборудование производится одновременно с проведением планового вида ремонта (деповской или капитальной).

При этом предприятие, производящее ремонт, должно быть включено в перечень предприятий, которым предоставлено право проведения оборудования платформ данных моделей.

Из рисунка видно, что при поднятом фитинговом упоре (рис. 1, а) на платформе могут размещаться контейнеры, а при опущенном (рис. 1, б) – различная гамма грузов. Кроме того, такое расположение опорных плит не препятствует размещению различных видов грузов при опущенных фитинговых упорах. Таким образом, возможно использование платформы для перевозки грузов в обоих направлениях, что существенно повышает ее эффективность.

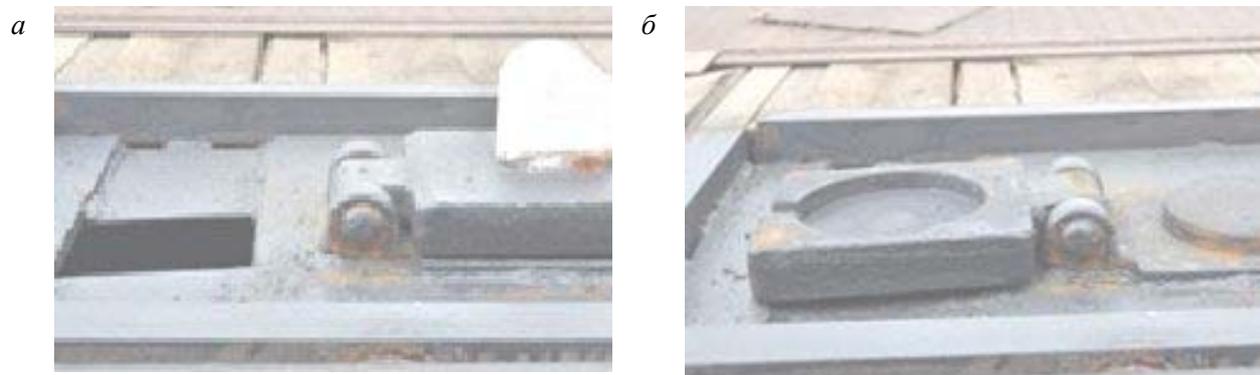


Рис. 1. Схемы расположения фитингового упора

РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

Цель

Предприятие, производящее переоборудование платформ в соответствии с ТУ 3182–065–71390252–2911, должно изготовить опытный образец, провести приемо-сдаточные и приемочные испытания, а аккредитованный испытательный центр – предварительные, периодические и типовые испытания. В качестве исполнителя предприятием НПП «Вагонник» для проведения испытаний был привлечен Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта (ДНУЖТ). При этом с участием специалистов и сотрудников НПП был проведен комплекс испытаний, включающий в себя: испытания на статическую прочность, испытания на прочность при соударении и расчетно-экспериментальную оценку запаса сопротивления усталости конструкции.

Испытаниям подвергались 6 платформ, прошедших модернизацию в различных вагонных ремонтных депо ОАО «ВРК», расположенных на территории Восточносибирской, Дальневосточной, Забайкальской, Северной и Южно-Уральской железных дорогах.

Методика

До начала проведения испытаний производилась наклейка тензорезисторов (датчиков) на несущие элементы рамы вагона. При этом одна сторона вагона (относительно продольной оси симметрии) являлась основной, другая – контрольной (один-два датчика в сечении). На рис. 2 приведена схема расположения сечений на раме платформы и обозначение (аббревиатура) элементов. Всего принято 12 сечений по левой и правой стороне (относительно продольной оси) вагона, в которых размещено 44 датчика. Обозначения элементов соответствуют: ХБ – хребтовая балка, ББ – боковая балка, ШБ – шкворневая балка, ПБ – продольная балка, РС – раскос, ПБС – продольная балка посредине вагона.

Основной задачей испытаний на статическую прочность являлась проверка показателей прочности элементов конструкции платформы требованиям нормативной документации.

Испытания проводились на вертикальную статическую нагрузку и ремонтную нагрузку (рис. 3).

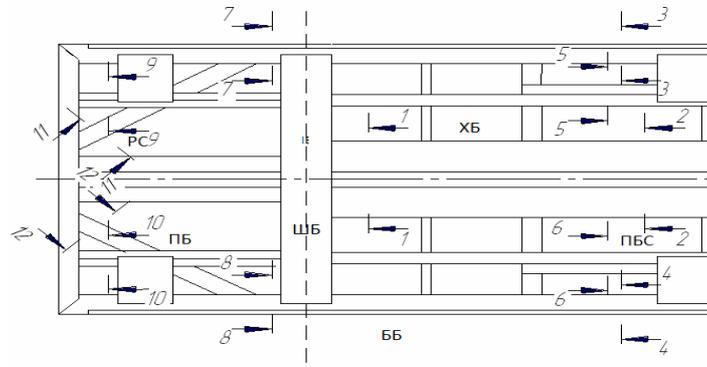


Рис. 2. Схема расположения сечений на раме платформы

а



б



Рис. 3. Схемы действия вертикальной статической (а) и ремонтной (б) нагрузок

РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

Испытания на вертикальную статическую нагрузку производились путем загрузки платформы двумя 20-ти футовыми контейнерами массой брутто 23,5 т и 24,5 т. В процессе испытаний фиксировались напряжения в элементах рамы в порожнем и груженом состоянии вагона.

При испытаниях на ремонтные нагрузки учитывались следующие режимы:

- подъемка груженого вагона за оба конца шкворневой балки;
- подъемка груженого вагона за один конец шкворневой балки;
- подъемка порожнего вагона за различные концы шкворневых балок (по диагонали).

Испытания на прочность при соударении производились путем накатывания локомотивом вагона-бойка на опытный вагон, стоящий в подпорной стенке (рис. 4). Стенка была сформирована из 5 груженых вагонов общей массой более 300 т.

В процессе испытаний на прочность при соударении регистрировались следующие параметры: скорость соударения, усилие в автосцепке (сила удара), динамические напряжения в элементах вагона. Соударения производились в диапазоне скоростей 5–13 км/час. При этом, в процессе соударений производили периодический осмотр вагона с целью проверки целостности конструкции вагона, контейнеров и опорных плит с фитинговыми упорами.

Все виды испытаний производились с применением тензоизмерительной и регистрирующей аппаратуры ДНУЖТ на территории вагонного ремонтного депо Челябинск. Процессы записывались на электронные носители информации (ПК) с их последующей обработкой. Измеряемые деформации при всех видах испытаний известными способами пересчитывались в напряжения.

Оценка прочности конструкции производилась путем суммирования напряжений от вертикальных нагрузок от массы груза и тары вагона, расчетной продольной растягивающей нагрузки по I (2,0 МН) и III (1,0 МН) расчетным режимам, расчетной продольной сжимающей нагрузки по I (2,5 МН) и III (1,0 МН) расчетным режимам, динамической добавки вертикальной нагрузки (III режим), боковой

нагрузки (III режим). Величины напряжений от квазистатических продольных нагрузок получены расчетным путем.

При оценке прочности вагона при соударении учитывались напряжения от вертикальной нагрузки и от продольной нагрузки при соударении, приведенной к усилию 3,5 МН.

Основной задачей расчетно-экспериментальной оценки сопротивления усталости конструкции являлась проверка соответствия показателей сопротивления усталости конструкции платформы требованиям нормативной документации. Для достижения цели производилось определение величины эквивалентной амплитуды напряжения, по амплитуде выполнялся расчет предела выносливости и определялся коэффициент запаса усталости. При оценке сопротивления усталости принимались во внимание как вертикальные, так и продольные нагрузки. Напряжения от вертикальных нагрузок находились путем сброса вагона с клиньев (определялись частота и амплитуда напряжений), напряжения от продольных нагрузок были получены в процессе соударений на прочность.



Рис. 4. Расположение опытного вагона и подпорной стенки

Результаты

На основании результатов оценки прочности конструкции построены диаграммы величин напряжений в основных элементах с учетом продольных нагрузок сжатия и растяжения (рис. 5).

На рисунке более светлым оттенком обозначены напряжения по I расчетному режиму, темным – по III расчетному режиму, обозначение элементов соответствует рис. 2.

РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

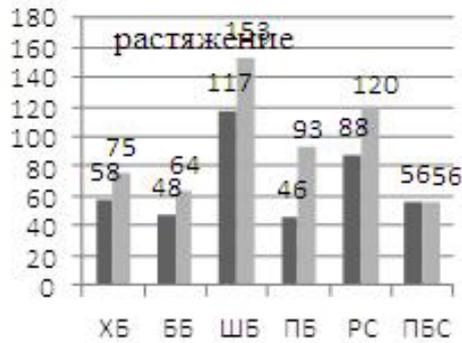


Рис. 5. Напряжения (в МПа) в элементах платформы по I и III расчетным режимам

Из рисунка видно, что наиболее напряженными элементами являются шкворневая, промежуточная балки и раскос. При этом величина суммарных напряжений по I расчетному режиму при действии продольных сжимающих нагрузок выше и достигает 181 МПа в промежу-

точной балке. Необходимо отметить, что если при растягивающих нагрузках наиболее напряжены шкворневая балка и раскос, то при сжимающих – включаются в работу промежуточная и хребтовая балки (I режим). Также можно отметить слабое включение в работу боковых балок – максимальные напряжения при сжимающих нагрузках составили 81 МПа. В целом для рассматриваемых платформ характерен невысокий уровень напряжений и их величины существенно ниже допусковых по обоим расчетным режимам (табл. 1).

Результаты оценки прочности вагонов при соударениях с продольным усилием 3,5 МН приведены на рис. 6. Здесь серым цветом изображены напряжения в элементах платформы модели 4012-50, черным – 401-50. Обозначение элементов соответствует рис. 2.

Таблица 1

Величины допусковых напряжений в элементах

Элемент	Допускаемые напряжения по режимам, МПа		
	I		III
	Растяжение/Сжатие	Удар	
Хребтовая и шкворневая балки	274,5	305	190
Боковые и поперечные балки	289,75	305	195

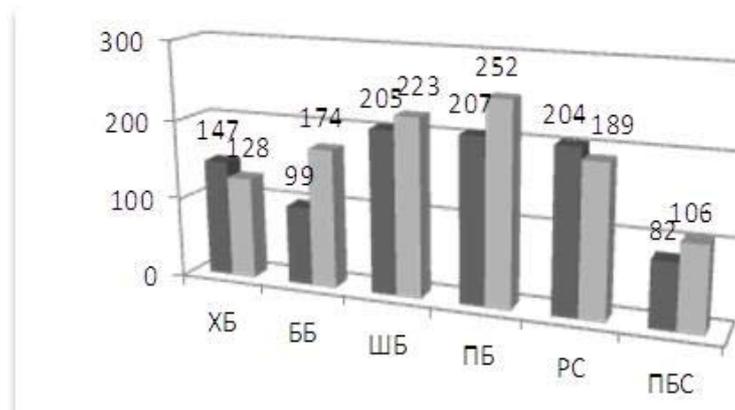


Рис. 6. Величины напряжений (по вертикали, МПа) в элементах платформ при соударениях

Из диаграммы следует, что наиболее напряженными элементами являются шкворневая, продольная балки рамы и раскос – 189–252 МПа. Необходимо отметить активное включе-

ние в работу боковых балок платформы модели 4012-50 (174 МПа), в то же время у модели 4012-50 в хребтовой балке уровень напряжений на 23 % ниже, чем в боковой. Это можно отне-

РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

сти к отличию конструктивного исполнения рамы. Поскольку при величине продольных усилий 3,5 МН металл элементов вагона работает в области малоциклового усталости, то допускаемые напряжения $[\sigma] = \sigma_T = 305$ МПа (см. табл. 1). В целом величины напряжений в элементах платформ при усилиях удара 3,5 МПа ниже допускаемых.

Результаты расчетно-экспериментальной оценки запаса сопротивления усталости показали, что величина коэффициента запаса сопротивления усталости выше нормативного (1,5) во всех сечениях элементов платформы. На рис. 7 приведены диаграммы величин коэффициента запаса сопротивления усталости для основных элементов вагона. Рис. 7 а соответствует модели 4012-50, рис. 7 б – 401-50. Здесь более темной линией показаны минимальные значения, светлой – максимальные значения коэффициента запаса сопротивления усталости, обозначение элементов соответствует рис. 2.

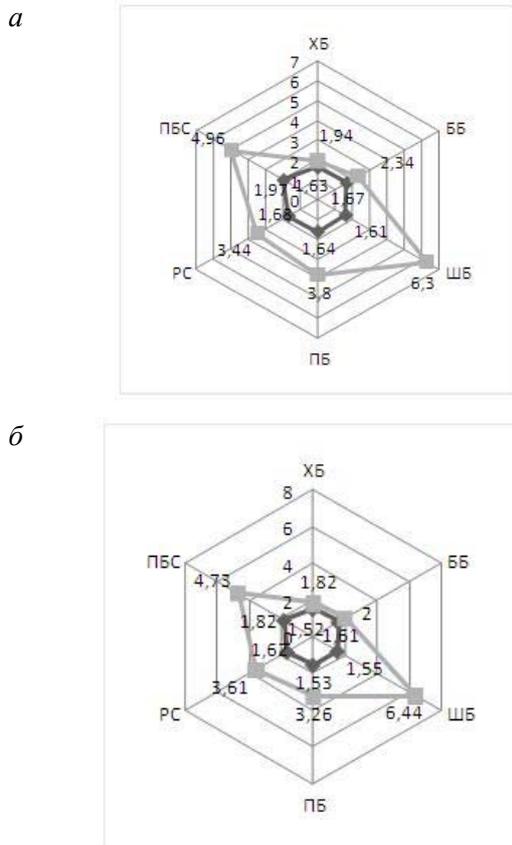


Рис. 7. Диаграмма величин коэффициента запаса сопротивления усталости в элементах платформ

Величины максимальных и минимальных коэффициентов запаса сопротивления усталости зафиксированы в одном и том же сечении элементов конструкции. Из диаграммы видно, что характер распределения величин коэффициентов запаса прочности по платформам одинаков. Значения минимальных коэффициентов запаса сопротивления усталости для модели 4012-50 находятся в диапазоне 1,61–1,97, тогда как для модели 401-50 несколько ниже – 1,51–1,82. Но для обеих моделей величины коэффициентов запаса сопротивления усталости не ниже нормативных (1,5).

Научная новизна и практическая значимость

На основании результатов проведенных статических и ударных испытаний, расчетно-экспериментальной оценки прочности и запаса сопротивления усталости конструкции платформ моделей 4012-50 и 401-50 подтверждено соответствие модернизированных платформ требованиям нормативных документов. Результаты исследований могут быть основанием для изъятия платформ из запаса и переоборудования их под перевозку крупнотоннажных контейнеров.

Полученные положительные результаты испытаний опытных образцов после модернизации, выполненной в процессе плановых видов ремонта в шести вагонных ремонтных депо, позволяют разрешить этим депо оборудование платформ вышеуказанных моделей серийно.

Выводы

Проведенные исследования позволили обосновать возможность модернизации универсальных платформ под перевозку контейнеров согласно ТУ 3182–065–71390252–2911 в условиях вагоноремонтных предприятий. Это дает возможность использовать вагоны вагонного парка, не находящиеся в эксплуатации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Битюцкий, А. А. Оценка эффективности сочлененных контейнерных платформ / А. А. Битюцкий // Вагонный парк. – 2013. – № 10. – С. 34–38.

РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

2. Бороненко, Ю. П. Динамические испытания контейнеров при продольных соударениях / Ю. П. Бороненко, А. М. Орлова, А. Н. Смирнов // Опасные грузы и контейнеры. – 2004. – № 1-2. – С. 50–53.
3. Бороненко, Ю. П. Динамические испытания на продольные соударения контейнеров и вагонов для их перевозки / Ю. П. Бороненко, А. М. Орлова, А. Н. Смирнов // Экспериментальное кольцо ВНИИЖТ-70 : тез. докл. Междунар. конф. – Щербинка, 2002. – С. 141–142.
4. Бороненко, Ю. П. Модернизация и переоборудование грузовых вагонов – путь к повышению эффективности грузоперевозок / Ю. П. Бороненко, Е. М. Попов // Инновации в эксплуатации и развитии инфраструктуры железнодорожного транспорта : науч.-практ. конф. / ВНИИЖТ. – Москва, 2004. – С. 6–7.
5. Бубнов, В. М. Совершенствование конструкции подвижного состава для перевозки контейнеров / В. М. Бубнов, С. В. Мямлин, Н. Л. Гуржи // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2009. – Вип. 26. – С. 11–14.
6. Морчиладзе, И. Г. Совершенствование вагон-платформ для международной перевозки контейнеров / И. Г. Морчиладзе, А. В. Третьяков, А. М. Соколов // Железные дороги мира. – 2006. – № 8. – С. 52–55.
7. Мямлин, С. В. Перевозка контейнеров железнодорожным транспортом / С. В. Мямлин, А. В. Шатунов, А. В. Сороколет // Проблемы та перспективи розвитку залізн. трансп. : тези доп. 70 Міжнар. наук.-практ. конф. (15.04–16.04.2010) / Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, Схід. наук. центр трансп. акад. України. – Дніпропетровськ, 2010. – С. 76–77.
8. Мямлин, С. В. Повышение грузоподъемности вагон-платформ для перевозки контейнеров / С. В. Мямлин, В. М. Бубнов, Н. Л. Андрущенко // Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты : тез. докл. V междунар. науч.-техн. конф. (4.06.–6.06.2007) / Петербург. гос. ун-т путей сообщ. – Санкт-Петербург, 2007. – С. 42–44.
9. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). – Москва : ГосНИИВ : ВНИИЖТ, 1996. – 354 с.
10. Об улучшении использования универсальных платформ / А. Г. Рейдемейстер, В. А. Калашник, В. Ю. Подлубный [и др.] // Проблемы та перспективи розвитку залізн. трансп. : тези 74 Міжнар. наук.-практ. конф. (15.05–16.05.2014) / Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2014. – С. 85–86.
11. Орлова, А. М. Исследование динамических качеств сочленённого вагона-платформы на математических моделях / А. М. Орлова, Е. А. Рудакова / Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2008. – Вип. 23. – С. 85–88.
12. Шайтанова, И. К. Выбор направлений модернизации универсальных вагонов-платформ / И. К. Шайтанова // Изв. Петербург. ун-та путей сообщ. – Санкт-Петербург, 2005. – Вып. 1. – С. 65–70.
13. Cichy, R. Wymagania TSI «tabor kolejowy- wagonu towarowe» do przewozu naczip drogowych w systemach intermodalnych / R. Cichy, M. Medwid / Pojazdy Szynowe. – 2012. – № 3. – Р. 40–44.
14. Czaplicki, J. M. On the system: truck-workshop in the queue theory terms / J. M. Czaplicki // Maintenance and Reliability. – 2007. – № 3 (35). – Р. 7–10.
15. Stoilov, V. Study of fatigue in welded joints and stress notches of wagon series s(g)mmns with methods of UIC and DVS 1612 [Электронный ресурс] / V. Stoilov, S. Slavchev, S. Purgic. – Р. 66–69. – Загл. с экрана. – Режим доступа: http://www.meching.com/journal/Archive/2012/9/nano/82_Stoilov%20d1%20en_tm'12.pdf. – Проверено : 24.02.2016.

О. Г. РЕЙДЕМЕЙСТЕР¹, В. О. КАЛАШНИК^{2*}, О. А. ШИКУНОВ³

¹Каф. «Вагоны та вагонне господарство», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. /факс +38 (056) 793 19 16, ел. пошта reidemeister@mail.ru, ORCID 0000-0001-7490-7180

^{2*}Каф. «Вагоны та вагонне господарство», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. /факс +38 (056) 793 19 16, ел. пошта kv47@i.ua, ORCID 0000-0002-8073-4631

³Каф. «Вагоны та вагонне господарство», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. /факс +38 (056) 793 19 16, ел. пошта tri_s@ua.fm, ORCID 0000-0002-8256-2634

РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

МОДЕРНІЗАЦІЯ ЯК СПОСІБ ПОЛІПШЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ УНІВЕРСАЛЬНИХ ВАГОНІВ

Мета. Основними вимогами до конструкції модернізованих вагонів є ті, які дозволять знизити експлуатаційні витрати та підвищити економічну ефективність їх використання. У зв'язку з актуальністю цієї тематики необхідно провести комплекс досліджень, який дозволить у подальшому використовувати універсальні платформи, переобладнані відповідно до Технічних умов ТУ 3182–065–71390252–2911 під перевезення контейнерів. У процесі досліджень передбачається виконати: оцінку міцності, запасу опору втомних елементів конструкції та оцінку відповідності характеристик елементів модернізованої платформи нормативній документації. **Методика.** Проведено аналіз використання для перевезення контейнерів спеціалізованого та універсального рухомого складу, питань модернізації універсальних вагонів. Виконано оцінку міцності несучої конструкції платформ на підставі комплексу розрахункових і експериментальних досліджень. Експериментальна частина включає в себе випробування: статичні, ударні та на ремонтні навантаження. Проведено оцінку якостей вагона на міцність і запасу втомної міцності на базі розрахунково-експериментальних даних. **Результати.** На підставі проведених статичних, ударних та на ремонтні навантаження випробувань, із урахуванням квазістатичних поздовжніх сил, проведена оцінка міцності конструкції вагонів згідно нормативної документації. Розрахунково-експериментальні дані дозволяють зробити оцінку запасу опору втомних елементів конструкції. Дана робота завершена отриманням результатів, які дозволяють обґрунтовано здійснювати переобладнання універсальних платформ опорними плитами з фітінговими упорами для кріплення контейнерів. **Наукова новизна.** Результати проведених розрахункових та експериментальних досліджень показали, що модернізовані платформи відповідають умовам міцності й мають достатній запас опору втомних. Це дозволяє рекомендувати переобладнання універсальних платформ серійно всім вагоноремонтним підприємствам, що представили дослідні зразки. **Практична значимість.** Авторами проведений комплекс робіт, на підставі яких обґрунтована можливість переобладнання універсальних платформ під перевезення великотоннажних контейнерів. Частина вагонного парку, що знаходиться в запасі, з невеликими матеріальними витратами може бути переведена в експлуатаційний парк. За рахунок проведеної модернізації – переобладнання універсальних платформ стаціонарними спеціалізованими пристроями, – збільшується коефіцієнт використання вагона.

Ключові слова: платформа; контейнер; хребтова балка; міцність конструкції; статичні випробування; поздовжні навантаження; ударні випробування; фітінговий упор; напруження; оцінка міцності

О. Н. REIDEMEISTER¹, В. О. KALASHNYK^{2*}, О. А. SHYKUNOV³

¹Dep. «Cars and Car Facilities», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St. 2, Dnipropetrovsk, 49010, Ukraine, tel./fax +38 (056) 793 19 16, e-mail reidemeister@mail.ru, ORCID 0000-0001-7490-7180

^{2*}Dep. «Cars and Car Facilities», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St. 2, Dnipropetrovsk, 49010, Ukraine, tel./fax +38 (056) 793 19 16, e-mail kv47@i.ua, ORCID 0000-0002-8073-4631

³Dep. «Cars and Car Facilities», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St. 2, Dnipropetrovsk, 49010, Ukraine, tel./fax +38 (056) 793 19 16, e-mail tri_s@ua.fm, ORCID 0000-0002-8256-2634

MODERNIZATION AS A WAY TO IMPROVE THE USE OF UNIVERSAL CARS

Purpose. The main design requirements of the modernized cars are those allowing reduction of operating costs and improvement of economic efficiency of their use. Due to the relevance of this subject the work presents the complex of conducted research, which will allow in prospect to use the universal flatcar, converted according to the Technical specifications TU 3182-065-71390252-2911 for container service. The research includes: evaluation of strength, fatigue safety of the design elements and conformity assessment of the strength characteristics of the modernized flatcar elements to the regulatory documents. **Methodology.** The analysis covers the use of specialized and universal rolling stock for transportation of containers, as well as the issues of modernization of universal cars. The strength of the flatcar bearing structure is evaluated based on the complex of numerical and experimental studies. The

РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

experimental part includes the static, repair load and impact tests. The car strength qualities and the fatigue safety are evaluated on the basis of calculated and experimental data. **Findings.** The conducted static, repair load and impact tests, given the quasi-static longitudinal forces, allowed the evaluation of the car structure strength according to the regulatory documents. The calculated and experimental data make it possible to assess the fatigue safety of structural elements. The present work is completed by obtaining the results that allow performing reasonable re-equipment of universal flatcars with baseplates with fitting stops to fasten the containers. **Originality.** The results of calculated and experimental studies showed that the modernized flatcars meet the conditions of strength and have sufficient fatigue safety factor. This makes it possible to recommend the re-equipment of universal flatcars for all car-repair enterprises that submitted the prototypes. **Practical value.** The complex of works was conducted that demonstrated the possibility of re-equipment of universal flatcars for the transportation of large containers. Part of the car fleet, kept in reserve, with little material costs can be transferred to the operational fleet. The modernization – re-equipment of universal flatcars with stationary specialized devices will increase the car usability coefficient.

Keywords: flatcar; container; centre sill; structural strength; static tests; longitudinal loads; impact tests; fitting stop; stress; strength evaluation

REFERENCES

1. Bityutskiy A.A. Otsenka effektivnosti sochlenennykh konteynernykh platform [Evaluating the efficiency of the coupled container platforms]. *Vagonnyy park – Car Fleet*, 2013, no. 10, pp. 34-38.
2. Boronenko Yu.P., Orlova A.M., Smirnov A.N. Dinamicheskiye ispytaniya konteynerov pri prodolnykh soudareniyakh [Dynamic tests of containers at longitudinal collisions]. *Opasnyye gruzy i konteynery – Dangerous Cargoes and Containers*, 2004, no. 1-2, pp. 50-53.
3. Boronenko Yu.P., Orlova A.M., Smirnov A.N. Dinamicheskiye ispytaniya na prodolnyye soudareniya konteynerov i vagonov dlya ikh perevozki [Dynamic tests for longitudinal collisions of containers and cars for their transportation]. *Tezisy dokladov Mezhdunarodnoy konferentsii «Eksperimentalnoye koltso VNIIZhT-70»* [Proc. of Intern. Conf. «Test Loop ARSRIRT-70»]. Shcherbinka, 2002, pp. 141-142.
4. Boronenko Yu.P., Popov Ye.M. Modernizatsiya i pereborudovaniye gruzovykh vagonov – put k povysheniyu effektivnosti gruzoperevozok [Modernization and re-equipment of freight cars is a way to improve the efficiency of freight transportations]. *Nauchno-prakticheskaya konferentsiya «Innovatsii v ekspluatatsii i razvitiy infrastrukturny zhelezodorozhnogo transporta»* [Sci. and Practical Conf. «Innovations in service and railway transport infrastructure development»]. Moscow, 2004, pp. 6-7.
5. Bubnov V.M., Myamlin S.V., Gurzhi N.L. Sovershenstvovaniye konstruksii podvizhnogo sostava dlya perevozki konteynerov [The improvement of the rolling stock design for containers transportaion]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2009, issue 26, pp. 11-14.
6. Morchiladze I.G., Tretyakov A.V., Sokolov A.M. Sovershenstvovaniye vagonov-platform dlya mezhdunarodnoy perevozki konteynerov [Improvement of the flat cars for the international transportation of containers]. *Zheleznyye dorogi mira – Railways of the World*, 2006, no. 8, pp. 52-55.
7. Myamlin S.V., Shatunov A.V., Sorokolet A.V. Perevozka konteynerov zheleznodorozhnym transportom [Transportation of containers by railway transport]. *Tezy dopovidei 70 Mizhnarodnoi naukovopraktychnoi konferentsii «Problemy ta perspektyvy rozvytku zaliznychnoho transportu»* [Theses of the 70th Int. Sci. and Practical Conf. «Problems and prospects of railway transport development»]. Dnipropetrovsk, 2010, pp. 76-77.
8. Myamlin S.V., Bubnov V.M., Andryushchenko N.L. Povysheniye gruzopodyemnosti vagonov-platform dlya perevozki konteynerov [Increasing the carrying capacity of flat cars for transportation of containers]. *Tezisy dokladov V mezhdunarodnoy nauchno-tekhnikeskoy konferentsii «Podvizhnoy sostav XXI veka: idei, trebovaniya, proekty»* [Theses of the 5th Int. Sci. and Techn. Conf. «Rolling stock of the XXI century: ideas, requirements, and projects»]. Saint Petersburg, 2007, pp. 42-44.
9. *Normy dlya rascheta i proektirovaniya vagonov zheleznykh dorog MPS kolei 1520 mm (nesamokhodnykh)* [The rules for calculation and design of (unpowered) cars of the Transportation Ministry with the track 1520 mm]. Moscow, GosNIIV-VNIIZhT Publ., 1996. 354 p.
10. Reydemeyster A.G., Kalashnik V.A., Podlubnyy V.Yu. Ob uluchshenii ispolzovaniya universalnykh platform [About the use improvement of the multi-purpose platforms]. *Tezy 74 Mizhnarodnoi naukovopraktychnoi konferentsii «Problemy ta perspektyvy rozvytku zaliznychnoho transportu»* [Theses of the 74th Intern. Sci. and Practical Conf. «Problems and prospects of railway transport development»]. Dnipropetrovsk, 2014. pp. 85–86.

РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

11. Orlova A.M., Rudakova Ye.A. Issledovaniye dinamicheskikh kachestv sochlenennogo vagona-platformy na matematicheskikh modelyakh [The study of the dynamic properties of the articulated flat-car on mathematical models]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2008, issue 23, pp. 85-88.
12. Shaytanova I.K. Vybor napravleniy modernizatsii universalnykh vagonov-platform [Selection the modernization directions of the multi-purpose flat cars]. *Izvestiya Peterburgskogo universiteta putey soobshcheniya* [Bulletin of the Saint Petersburg University of Communication Lines], 2005, issue 1, p. 65-70.
13. Cichy R., Medwid M. Wymagania TSI «tabor kolejowy- wagony towarowe» do przewozu naczep drogowych w systemach intermodalnych. *Pojazdy Szynowe*, 2012, no. 3, pp. 40-44.
14. Czaplicki J.M. On the system: truck-workshop in the queue theory terms. *Maintenance and Reliability*, 2007, no. 3 (35), pp. 7-10.
15. Stoilov V., Slavchev S., Purgic S. Study of fatigue in welded joints and stress notches of wagon series s (g)mmns with methods of UIC and DVS 1612, pp. 66-69. Available at: http://www.mech-ing.com/journal/Archive/2012/9/nano/82_Stoilov%20d1%20en_tm'12.pdf (Accessed: 24 February 2016).

Статья рекомендована к публикации д.т.н., гл. научн. сотр. В. Л. Горобцом (Украина); главн. конструктором ПАО «Днепровагонмаш» С. В. Долинским (Украина)

Поступила в редколлегию: 05.12.2016

Принята к печати: 22.03.2016