

В. М. БУБНОВ (ООО «ГСКБВ», Мариуполь), С. В. МЯМЛИН (ДИИТ),
Н. Л. ГУРЖИ (ООО «ГСКБВ», Мариуполь)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ШАРНИРНО СОЕДИНЕННОГО ВАГОНА-ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ КРУПНО-ТОННАЖНЫХ КОНТЕЙНЕРОВ МОДЕЛИ 13-1839

Робота присвячена експериментальним дослідженням дослідного зразка шарнірно з'єднаної платформи. Розглянуто обсяг і порядок проведення попередніх випробувань, комбінації дослідних навантажень. Виділено місця встановлення тензOMETричних датчиків, а також місця, в яких зареєстровані максимальні еквівалентні напруження. Проаналізовано збіжність результатів випробувань з результатами теоретичних розрахунків.

Работа посвящена экспериментальным исследованиям опытного образца шарнирно соединенной платформы. Рассмотрены объем и порядок проведения предварительных испытаний, комбинации испытательных нагрузок. Выделены места установки тензометрических датчиков, а также места, в которых зарегистрированы максимальные эквивалентные напряжения. Проанализирована сходимость результатов испытаний с результатами теоретических расчетов.

The work is devoted to experimental researches of pre-production model of swing-joint platform. An amount and order of conducting the preliminary tests, combinations of the test loadings are considered. The locations of setting the sensors as well as the locations of registered maximum equivalent tensions are selected. The convergence of results of tests with the results of theoretical calculations is analyzed.

Транспортировка контейнеров – наиболее динамично развивающийся сектор железнодорожных перевозок. В России стабильный рост объемов контейнерных перевозок по железной дороге наблюдается с 1995 г. – если в 1997 г. в контейнерах перевозилось 7,2 млн т грузов, то в 2005 г. – уже 20,8 млн т. А к 2010 г. прогнозируется увеличение объемов перевозок до 30 млн т [1]. Рост объемов железнодорожных контейнерных перевозок, конкуренция со стороны автомобильного транспорта и требования грузовладельцев по сокращению времени доставки груза создают предпосылки для разработки вагоностроителями новых моделей контейнерных платформ, обладающих большей грузоместимостью. В зависимости от потребностей и с учетом условий эксплуатации компании-перевозчики предъявляют следующие требования к вновь создаваемым платформам. Основное назначение вагона – перевозка двух 40-футовых контейнеров, возможная перевозка четырех 20-футовых контейнеров массой брутто не менее 16 т. Погрузочная длина такой платформы должна составлять около 24,5 м, а база вагона – около 19 м. При такой длине должна быть обеспечена не только прочность, но и жесткость конструкции [2].

Проанализировав тенденции развития рынка, можно констатировать, что вагоностроительные заводы России и Украины уже разработали и поставили на производство ряд моде-

лей с погрузочной длиной 80 футов. Недостатком таких платформ является невозможность одновременно перевозить четыре 20-футовых контейнера, загруженных до максимальной массы брутто 24 т. Опираясь на зарубежный опыт, ОАО «Азовмаш» разработало принципиально новую для СНГ конструкцию шарнирно соединенной платформы для перевозки крупнотоннажных контейнеров модели 13-1839 [3, 4]. Использование двух секций с общей погрузочной длиной 80 футов, установленных на трех тележках, позволяет существенно увеличить грузоподъемность платформы. Кроме того, значительно уменьшается прогиб каждой секции за счет уменьшения их базы до 12 м.

Общий вид платформы приведен на рис. 1.

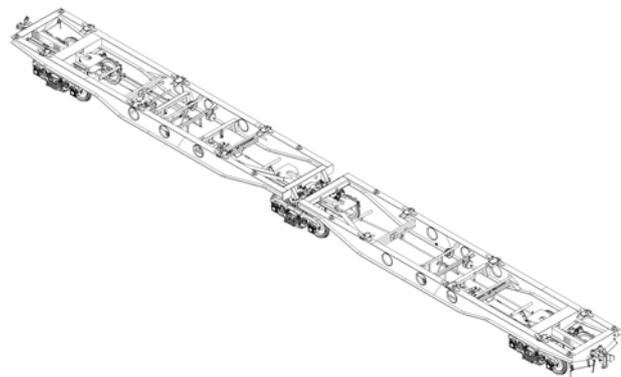


Рис. 1. Общий вид вагона-платформы для крупнотоннажных контейнеров модели 13-1839

© Бубнов В. М., Мямлин С. В., Гуржи Н. Л., 2009

Основные технические характеристики вагона-платформы секционной для крупнотоннажных контейнеров модели 13-1839 представлены в табл. 1.

Таблица 1

Основные технические характеристики вагона-платформы

Наименование параметра (размера), единицы измерения	Значение параметра (размера)
Ширина колеи, мм	1520
Максимальная грузоподъемность, т	109,5
Масса тары, т	30,7
Максимальная расчетная статическая нагрузка от колесной пары на рельсы, тс	23,5
Длина платформы по осям сцепления автосцепок, м	29,16
База платформы, м	24,0
Длина рамы по балкам передним, м	28,0
Длина секции, мм	13622
База секции, мм	12000
Ширина платформы (максимальная), мм	3004
Минимальные радиусы кривых участков пути, м:	
а) при проезде в сцепе:	
1) участка сопряжения кривой и прямой	80
2) S-образной кривой	120
б) при проходе одиночной платформы круговой кривой	60
в) автоматическое сцепление на участке сопряжения прямой и кривой	135
Габарит	1-ВМ
Конструкционная скорость, км/ч	120
Срок службы, лет	32

На ОАО «Азовмаш» был изготовлен опытный образец платформы модели 13-1839. В 2009 году платформа прошла предварительные испытания. Испытания платформы проводились в испытательном центре «Азовмаш-тест», являющегося структурным подразделением ОАО «Азовмаш» в соответствии с «Программой и методикой предварительных испытаний 1839.00.000 ПМ1».

Методика испытаний разработана исходя из требований нормативной документации [5, 6].

В объем испытаний опытного образца платформы были включены статические испытания на прочность, испытания на соударение, стационарные тормозные испытания, испытания по прохождению кривых малого радиуса, испытания по прохождению сортировочных гор.

Перед началом испытаний опытного образца платформы был произведен внешний осмотр, визуально определено ее техническое состояние и был выполнен замер толщин элементов рам.

Подготовка поверхностей, наклейка тензорезисторов и их изоляция от воздействия окружающей среды производилась в соответствии с инструкцией по наклейке тензорезисторов [7]. Перед началом испытаний на соударение визуально проверялось состояние сварных швов, резьбовых соединений, узлов и элементов крепления оборудования.

Основными задачами предварительных испытаний являются следующие:

- исследование и оценка напряженного состояния конструкции платформы и ее узлов при действии заданных статических нагрузок, имитирующих основные расчетные эксплуатационные нагрузки;

- исследование и оценка напряженного состояния, проверка прочности конструкции платформы и ее сборочных единиц при действии нормируемых ударных нагрузок;

- оценка технического состояния, проверка функционирования и соответствия устройств и приборов тормозного оборудования технической документации на платформу, определение основных характеристик тормозной системы в стационарных условиях, оценка тормозной эффективности платформы, проверка расчетным путем возможности удержания платформы стояночным тормозом на предусмотренном техническим заданием уклоне (30 ‰);

- проверка прохождения и автоматического сцепления платформы в кривых расчетных радиусов, проверка обеспечения прохода без саморасцепа платформы через сортировочные горки.

Деформации в элементах конструкции платформы регистрируются при создании следующих испытательных нагрузок:

- вертикальной статической от загрузки платформы двумя 40-футовыми контейнерами до номинальной грузоподъемности 109,5 т;

- вертикальной статической от загрузки платформы четырьмя 20-футовыми контейне-

рами-цистернами до номинальной грузоподъемности 109,5 т;

- продольных сжимающих сил, равных 1,0 МН и 2,5 МН, приложенных к упорам автосцепок платформы;

- продольных растягивающих сил, равных 1,0 МН и 2,0 МН, приложенных к упорам автосцепок платформы;

- вертикальной нагрузки 0,25 МН, приложенной под розетку автосцепки, для имитации вертикальной составляющей продольной силы, вызванной разностью уровней автосцепок соседних вагонов 100 мм (платформа загружена до номинальной грузоподъемности);

- горизонтальной, перпендикулярной оси платформы, нагрузки 0,25 МН, приложенной к головке автосцепки для имитации поперечных составляющих продольных сил, возникающих при движении на кривых участках пути;

- подъем загруженной до номинальной грузоподъемности платформы одним домкратом под один конец шкворневой балки (для регулировки скользунов);

- подъем загруженной до номинальной грузоподъемности платформы двумя домкратами под оба конца одной шкворневой балки (для выкатки тележки).

Для получения достоверных результатов при каждом режиме нагружения регистрация показаний проводится не менее трех раз при стабильных показаниях приборов.

На рис. 2 приведен опытный образец платформы в стенде для проведения статических испытаний на прочность.



Рис.2. Вагон-платформа модели 13-1839 в испытательном стенде

Статические испытания на прочность платформы проводятся в специально выделенном помещении, в котором поддерживается температура и влажность окружающей среды, обеспечивающие работу применяемых средств измерения в пределах паспортных данных. При испытаниях платформы использовались прибо-

ры и оборудование, которые прошли государственную метрологическую поверку [8].

Измерение деформаций производится в следующих зонах: хребтовая балка в районе корпуса с адаптером, в зоне передних и задних упоров, у шкворневой балки; шкворневая балка в зоне пересечения с хребтовой и боковыми балками; боковые балки в консольной части, в районе шкворневой, в средней части; раскосы; передняя балка. На рис. 3 приведены схемы расстановки датчиков на платформе.

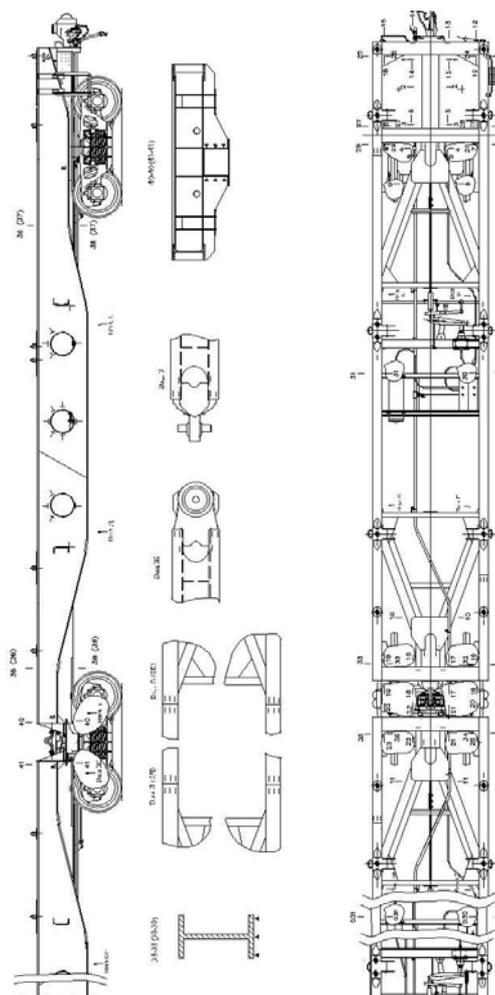


Рис. 3. Расстановка датчиков на вагоне-платформе модели 13-1839

Испытания на прохождение кривых малого радиуса проведены на аттестованных участках пути ОАО «Азовмаш», имеющих круговые и S-образные кривые расчетных радиусов. На рис. 4 приведена сочлененная платформа, проходящая кривые малого радиуса.

Материалы элементов конструкции платформы и допускаемые напряжения для расчетных режимов приведены в табл. 2.

Оценка напряженного состояния конструкции платформы производится путем сравнения

величин эквивалентных напряжений от возможного в эксплуатации наиболее неблагоприятного сочетания одновременно действующих нагрузок с допускаемыми напряжениями.



Рис. 4. Вагон-платформа модель 13-1839 при прохождении кривых малого радиуса

Таблица 2

Материалы элементов конструкции платформы и допускаемые напряжения

Наименование узлов и элементов, материал	Предел текучести σ_T , МПа	Допускаемые напряжения $[\sigma]$, МПа		
		удар	I режим, ремонтные режимы	III режим
Шкворневая и хребтовая балки, верхний и нижний листы боковой балки, сталь 09Г2С-14	325	325	$0,9\sigma_T$ 292,5	195
Передние и промежуточные балки, толщиной не более 10мм, сталь 09Г2С-14	345	345	$0,95\sigma_T$ 327,8	220

Напряженное состояние элементов конструкции платформы оценивается при I, III и ремонтных режимах эксплуатации.

Максимальные эквивалентные напряжения при загрузке платформы четырьмя 20-футовыми контейнерами зафиксированы в точках, представленных в табл. 3, для загрузки платформы двумя 40-футовыми контейнерами – в табл. 4. Для сравнения в скобках приведены расчетные значения напряжений в этих же точках.

Как видно из приведенных таблиц, разница между значениями эквивалентных напряжений, полученных испытательным и расчетным путем, составляет 10...15 %. Достаточно высокая

сходимость результатов свидетельствует о достоверности предварительных расчетов.

Таблица 3

Максимальные эквивалентные напряжения в элементах платформы, при загрузке ее 20-футовыми контейнерами

№ тензодатчика	Места расположения тензодатчика на раме платформы и значения экспериментальных (расчетных) напряжений
354	Хребтовая балка (нижняя полка) $\sigma_{\text{экв I раст.}} = 121,60 \text{ МПа}$ (131,8 МПа) $\sigma_{\text{экв I сж.}} = 95,86 \text{ МПа}$ (81,2 МПа) $\sigma_{\text{экв III раст.}} = 146,85 \text{ МПа}$ (131,8 МПа) $\sigma_{\text{экв III сж.}} = 60,36 \text{ МПа}$ (61,3 МПа) $\sigma_{\text{экв ремонт.}} = 29,51 \text{ МПа}$ (21,3 МПа)
36	Центральная балка в зоне сочленения (нижняя полка) $\sigma_{\text{экв I раст.}} = 155,59 \text{ МПа}$ (120,3 МПа) $\sigma_{\text{экв I сж.}} = 124,09 \text{ МПа}$ (122,3 МПа) $\sigma_{\text{экв III раст.}} = 77,81 \text{ МПа}$ (86,3 МПа) $\sigma_{\text{экв III сж.}} = 62,99 \text{ МПа}$ (64,3 МПа) $\sigma_{\text{экв ремонт.}} = 27,21 \text{ МПа}$ (26,3 МПа)
92	Раскосы в зоне хребтовой балки (вертикальная полка) $\sigma_{\text{экв I раст.}} = 98,20 \text{ МПа}$ (92,8 МПа) $\sigma_{\text{экв I сж.}} = 127,32 \text{ МПа}$ (128,4 МПа) $\sigma_{\text{экв III раст.}} = 71,79 \text{ МПа}$ (61,8 МПа) $\sigma_{\text{экв III сж.}} = 99,76 \text{ МПа}$ (93,5 МПа) $\sigma_{\text{экв ремонт.}} = 26,78 \text{ МПа}$ (23,4 МПа)
335	Боковая балка в зоне окон (вертикальная полка) $\sigma_{\text{экв I раст.}} = 163,41 \text{ МПа}$ (157,4 МПа) $\sigma_{\text{экв I сж.}} = 93,10 \text{ МПа}$ (97,8 МПа) $\sigma_{\text{экв III раст.}} = 126,49 \text{ МПа}$ (123,4 МПа) $\sigma_{\text{экв III сж.}} = 53,37 \text{ МПа}$ (51,8 МПа) $\sigma_{\text{экв ремонт.}} = 43,76 \text{ МПа}$ (44,4 МПа)
394	Боковая балка посередине секции (нижний пояс) $\sigma_{\text{экв I раст.}} = 156,78 \text{ МПа}$ (133,2 МПа) $\sigma_{\text{экв I сж.}} = 35,26 \text{ МПа}$ (32,1 МПа) $\sigma_{\text{экв III раст.}} = 126,53 \text{ МПа}$ (118,1 МПа) $\sigma_{\text{экв III сж.}} = 66,85 \text{ МПа}$ (64,7 МПа) $\sigma_{\text{экв ремонт.}} = 66,13 \text{ МПа}$ (60,4 МПа)
132	Поперечная балка в зоне сочленения (вертикальный лист) $\sigma_{\text{экв I раст.}} = 73,95 \text{ МПа}$ (63,4 МПа) $\sigma_{\text{экв I сж.}} = 134,54 \text{ МПа}$ (128,9 МПа) $\sigma_{\text{экв III раст.}} = 118,54 \text{ МПа}$ (116,7 МПа) $\sigma_{\text{экв III сж.}} = 158,78 \text{ МПа}$ (139,4 МПа) $\sigma_{\text{экв ремонт.}} = 94,83 \text{ МПа}$ (87,9 МПа)

Таблица 4

**Максимальные эквивалентные напряжения
в элементах платформы, при ее загрузке
40-футовыми контейнерами**

№ тензодатчика	Места расположения тензодатчика на раме платформы и значения экспериментальных (расчетных) напряжений
353	Хребтовая балка (нижняя полка) $\sigma_{\text{экв I раст.}} = 123,50 \text{ МПа}$ (136,2 МПа) $\sigma_{\text{экв I сж.}} = 124,89 \text{ МПа}$ (126,4 МПа) $\sigma_{\text{экв III раст.}} = 38,59 \text{ МПа}$ (32,5 МПа) $\sigma_{\text{экв III сж.}} = 62,27 \text{ МПа}$ (65,8 МПа) $\sigma_{\text{экв ремонт.}} = 9,52 \text{ МПа}$ (12,1 МПа)
36	Центральная балка в зоне сочленения (нижняя полка) $\sigma_{\text{экв I раст.}} = 160,64 \text{ МПа}$ (136,4 МПа) $\sigma_{\text{экв I сж.}} = 118,57 \text{ МПа}$ (120,2 МПа) $\sigma_{\text{экв III раст.}} = 88,46 \text{ МПа}$ (83,4 МПа) $\sigma_{\text{экв III сж.}} = 63,78 \text{ МПа}$ (65,9 МПа) $\sigma_{\text{экв ремонт.}} = 11,38 \text{ МПа}$ (11,1 МПа)
87	Раскосы в зоне хребтовой балки (вертикальная полка) $\sigma_{\text{экв I раст.}} = 86,57 \text{ МПа}$ (81,9 МПа) $\sigma_{\text{экв I сж.}} = 122,81 \text{ МПа}$ (129,2 МПа) $\sigma_{\text{экв III раст.}} = 66,50 \text{ МПа}$ (59,1 МПа) $\sigma_{\text{экв III сж.}} = 120,06 \text{ МПа}$ (112,9 МПа) $\sigma_{\text{экв ремонт.}} = 20,24 \text{ МПа}$ (23,3 МПа)
338	Боковая балка в зоне окон (вертикальная полка) $\sigma_{\text{экв I раст.}} = 95,25 \text{ МПа}$ (99,1 МПа) $\sigma_{\text{экв I сж.}} = 178,13 \text{ МПа}$ (179,7 МПа) $\sigma_{\text{экв III раст.}} = 68,84 \text{ МПа}$ (75,6 МПа) $\sigma_{\text{экв III сж.}} = 84,22 \text{ МПа}$ (80,0 МПа) $\sigma_{\text{экв ремонт.}} = 25,12 \text{ МПа}$ (22,4 МПа)
389	Боковая балка в зоне приварки раскосов (вертикальная полка) $\sigma_{\text{экв I раст.}} = 140,31 \text{ МПа}$ (128,2 МПа) $\sigma_{\text{экв I сж.}} = 111,59 \text{ МПа}$ (129,2 МПа) $\sigma_{\text{экв III раст.}} = 59,34 \text{ МПа}$ (55,3 МПа) $\sigma_{\text{экв III сж.}} = 85,57 \text{ МПа}$ (79,7 МПа) $\sigma_{\text{экв ремонт.}} = 13,05 \text{ МПа}$ (15,2 МПа)
134	Поперечная балка в зоне сочленения (вертикальный лист) $\sigma_{\text{экв I раст.}} = 58,13 \text{ МПа}$ (54,7 МПа) $\sigma_{\text{экв I сж.}} = 85,75 \text{ МПа}$ (94,3 МПа) $\sigma_{\text{экв III раст.}} = 59,03 \text{ МПа}$ (52,1 МПа) $\sigma_{\text{экв III сж.}} = 41,26 \text{ МПа}$ (49,6 МПа) $\sigma_{\text{экв ремонт.}} = 48,54 \text{ МПа}$ (41,5 МПа)

На основании результатов проведенных предварительных испытаний опытного образца

вагона-платформы можно сделать следующие **выводы:**

- во всех исследованных зонах конструкции вагона-платформы для крупнотоннажных контейнеров эквивалентные напряжения не превышают допускаемые значения при всех режимах нагружения;

- при испытаниях на соударения остаточные деформации отсутствуют;

- обеспечивается проход платформой кривых малого радиуса, как в сцепе, так и одиночного вагона.

- удовлетворительные результаты экспериментальных исследований свидетельствуют о правильном выборе технических решений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Меркушева, В. Контейнерный рай не за горами? [Текст] / В. Меркушева // РЖД-Партнер. – 2004. – № 9. – С. 152-158.
2. Киякк, К. В. Анализ требований к конструкции новых длиннобазных платформ для перевозки контейнеров и первые результаты их внедрения [Текст] / К. В. Киякк // Повышение эффективности эксплуатации грузовых вагонов и совершенствование их конструкции : Сб. науч. тр. – СПб., 2006. – С.57-65.
3. Пат. 43163 Україна, МПК⁹ B61D 3/00 B61F 1/00 Вагон зчленований для перевезення великотоннажних контейнерів [Текст] / Бубнов В. М. та ін.; заявник та власник ТОВ «Головне спеціалізоване конструкторське бюро вагонобудування» – № u200900709; заявл. 30.01.09; опубл. 10.08.09, Бюл. № 15.
4. Пат. 19446 Україна, МПКПО 12-03. Вагон зчленований для перевезення великотоннажних контейнерів [Текст] / Тусіков Є. К. та ін.; заявник та власник ТОВ «Головне спеціалізоване конструкторське бюро вагонобудування» – № s200900687; заявл. 16.06.09; опубл. 10.09.09, Бюл. № 17.
5. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных) [Текст] / ГосНИИВ-ВНИИЖТ. – М., 1996.
6. Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и ходовые качества (РД 24.050.37-95) [Текст]. - М., 1995.
7. Тензорезисторы КФ4 и КФ5. Техническое описание и инструкция по наклейке АЖ 62.782.00 ТО [Текст].
8. Вагон-платформа секционная для перевозки крупнотоннажных контейнеров модель 13-1839. Программа и методика предварительных испытаний 1839.00.000 ПМ1 [Текст].
9. Долматов А. А., Кудрявцев Н. Н. Динамика и прочность четырехосных железнодорожных цистерн [Текст] // Тр. ЦНИИ МПС. – 1963.

Поступила в редколлегию 14.09.2009.

Принята к печати 17.09.2009.