

ВАГОН-ПЛАТФОРМА МОДЕЛИ 13-6724 ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ КОНТЕЙНЕРОВ

УДК 629.4.022.4

В 2020 г. состоялось подписание договора между польским оператором Laude Smart Intermodal S.A. и ПАО «НПК «Объединенная Вагонная Компания» на поставку крупной партии вагонов-платформ с погрузочной длиной 46 футов для перевозки контейнеров. Этому предшествовали годы успешного сотрудничества. Так, в парке Laude эксплуатируются хорошо зарекомендовавшие себя 40-футовые контейнерные платформы модели 13-6851-01, которые курсируют между Россией и Польшей, и платформы типа Sgmmns 40' колеи 1435 мм для интермодальных перевозок по Евросоюзу (обе платформы производства АО «ТихвинСпецМаш», входящего в состав «НПК ОВК»).

Платформа модели 13-6724 (1) стала первой на «пространстве колеи 1520 мм» платформой с погрузочной длиной 46 футов и грузоподъемностью 80 т (рис. 1). Интерес заказчика к такому вагону связан с возможностью существенного увеличения грузооборота без увеличения парка и вложений в подвижной состав (по сравнению с традиционными платформами длиной 40 футов).

Новая платформа наряду со стандартными контейнерами предусматривает перевозку двух специализированных контейнеров 20 футов с увеличенной до 7010 мм длиной (длина кузова контейнера 23 фута). Такой контейнер в открытом исполнении обеспечивает эффективную перевозку стали в рулонах (это основной целевой груз), а также других штучных грузов. В крытом контейнере увеличенной длины можно разместить до 13 европалет размером 800×1200 мм или до 10 стандартных палет размером 1000×1200 мм, в то время как в стандартном 20-футовом — до 11 и 8 палет соответственно.

Платформа модели 13-6724 предназначена для перевозки тяжеловесных крупнотоннажных контейнеров самого различного назначения, при этом максимальная масса брутто контейнеров составляет 40 т. Перечень перевозимых контейнеров приведен в табл. 1.

Контейнеры 20 футов с увеличенной до 7010 мм длиной кузова позволяют в наибольшей степени реализовать преимущества новой платформы.

Кроме незначительного увеличения длины вагона по сравнению с типовой 40-футовой платформой, в конструкции имеется ряд принципиальных отличий, позаимствованных, в том числе, из опыта проектирования вагонов по европейским требованиям (5).

Конструкция платформы отличается от 40-футовых аналогов в первую очередь узкой рамой (как на большинстве длиннобазных и европейских платформ), что обеспечивает расположение фитинговых упоров непосредственно на боковых балках (рис. 2). Такое решение позволяет передавать все нагрузки от

А.С. Кононенко,
главный конструктор — руководитель отдела
Платформы ООО «ВНИЦТТ»,
Д.В. Шевченко,
директор научно-исследовательской дирекции
ООО «ВНИЦТТ», канд. техн. наук, МВА
С.А. Брусенцов,
руководитель направления научно-исследовательской
дирекции ООО «ВНИЦТТ»



Рис. 1. Вагон-платформа модели 13-6724

Таблица 1

Перечень контейнеров, перевозимых на платформе модели 13-6427

Тип контейнера	Номинальная длина		Количество контейнеров на вагоне, шт.
	мм	фут	
1EEE, 1EE ГОСТ Р 53350–2009	13716	45	1
1AAA, 1AA, 1A, 1AX ГОСТ Р 53350–2009	12192	40	1
1BBB, 1BB, 1B, 1BX ГОСТ Р 53350–2009	9125	30	1
1CC, 1C, 1CX по ГОСТ Р 53350–2009, 20 футов увеличенной высоты, но не более 2896 мм (1CCC ISO 668:2020)	6058	20	2
20 футов с длиной кузова не более 7010 мм	6058 ... 7010	20 ... 23	2



Рис. 2. Конструкция вагона-платформы модели 13-6724

контейнеров напрямую на несущие балки, что дает возможность обойтись без вспомогательных силовых элементов и снизить массу конструкции при обеспечении требуемых прочностных и усталостных характеристик. Применение в консольной части сплошного листа позволяет исключить из конструкции раскосы и дополнительные усиливающие элементы.

Классическая конструктивная схема хребтовой и боковых балок обеспечивает удобный осмотр, сервисное обслуживание и ремонт тормозного оборудования.

На платформе установлены фитинговые упоры с защитой от опрокидывания контейнера, которые обеспечивают надежное удержание контейнеров, в том числе порожних, при всех эксплуатационных нагрузках, включая центробеж-

ные и ветровые (4). Фиксация откидных фитинговых упоров на раме и фиксация контейнеров на платформе происходит «автоматически», при установке контейнера на вагон, при этом не требуется применения каких бы то ни было вспомогательных устройств или дополнительных действий персонала, который участвует в проведении погрузо-разгрузочных операций.

Тормозная система с раздельным потележечным торможением, авто сцепные устройства с поглощающими аппаратами класса Т1, тележки модели 18-9855 с осевой нагрузкой 25 тс — все эти элементы проверены временем и эксплуатацией и традиционны для тихоходных вагонов.

Расчетное обоснование статической прочности и сопротивления усталости платформы проведено в соответствии с (2), (3), описание выбранных критериев представлено в (6). Статическая прочность платформы в соответствии с (3) оценивалась при режимах удар, рывок, растяжение, сжатие, а также при четырех ремонтных режимах.

Конструкция вагона предусматривает возможность перевозки контейнеров разных типоразмеров грузоподъемностью до 40 т, в соответствии с табл. 1. Анализ мест опирания контейнеров на платформу и их массоинерционных характеристик позволяет выделить три группы с идентичными по этим показателям параметрами:

- группа I — контейнеры 20 футов, включая контейнеры с удлиненным кузовом;
- группа II — контейнеры 40 и 45 футов;
- группа III — контейнер 30 футов.

Центр тяжести грузеных контейнеров 20 и 40 футов выше, чем центр тяжести контейнеров 20 футов с увеличенной длиной и 45 футов соответственно. Таким образом, максимальная вертикальная составляющая продольной силы инерции контейнеров при ударном воздействии возникает для контейнеров 20 и 40 футов. В связи с тем, что расположение фитингов на платформе позволяет устанавливать контейнеры 20 футов двумя способами (ближе к центру и ближе к краям), для этих типов контейнеров следует рассмотреть две схемы установки контейнеров на платформу.

На основании вышесказанного можно выделить четыре основные схемы загрузки, вызывающие наибольшие напряжения в различных зонах рамы вагона под действием сил от контейнеров (рис. 3).

На рис. 4 и 5 показаны эпюры изгибающих моментов, возникающих от статического воздействия контейнеров на раму вагона-платформы и от совместного воздействия, дополнительно учитывающего вертикальную составляющую продольной силы инерции контейнеров при ударном воздействии (3,5 МН).

Анализ эпюр изгибающих моментов позволяет окончательно выделить критические схемы загрузки вагона контейнерами, применяемые для анализа статической прочности, на основе распределения значений изгибающего момента по его длине:

- ✓ для консольной части — загрузка двумя контейнерами 20 футов массой 40 т, расположенных по схеме Б;
- ✓ для центральной части — загрузка двумя контейнерами 20 футов массой 40 т, расположенных по схеме А;

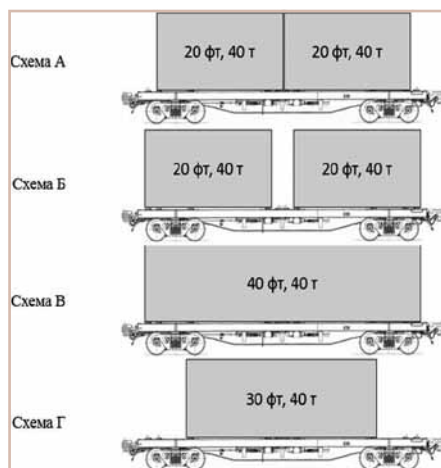


Рис. 3. Основные схемы загрузки платформы

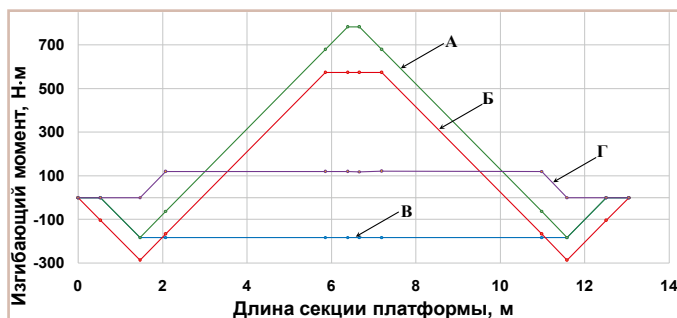


Рис. 4. Эпюра изгибающих моментов, возникающих от статического воздействия контейнеров на раму вагона-платформы для основных схем загрузки

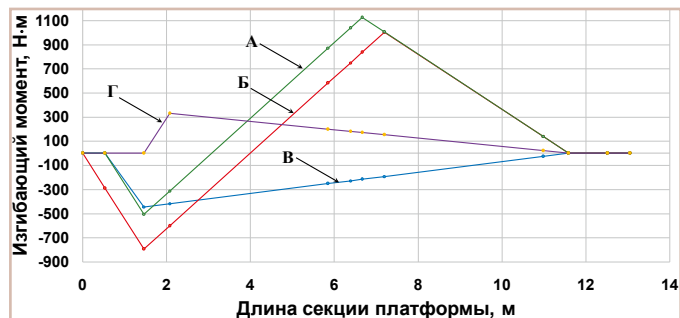


Рис. 5. Эпюры изгибающих моментов, возникающих от совместного воздействия, дополнительно учитывающего вертикальную составляющую продольной силы инерции контейнеров при ударном воздействии (3,5 МН) для основных схем загрузки

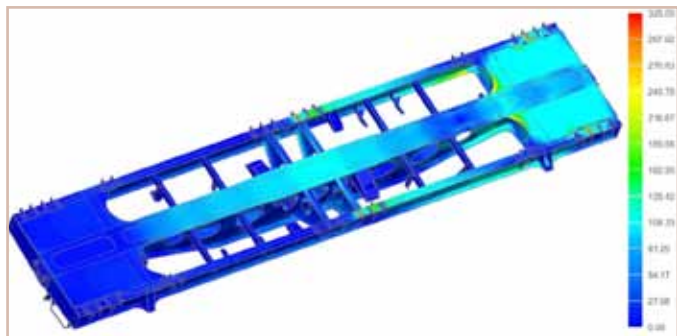


Рис. 6. Распределение эквивалентных напряжений при ударе, загрузка по схеме А, МПа

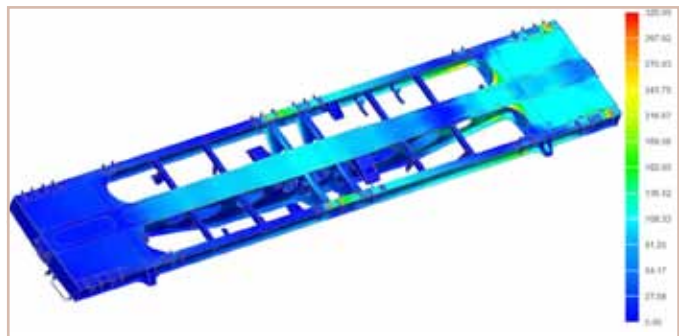


Рис. 7. Распределение эквивалентных напряжений при ударе, загрузка по схеме Б, МПа

✓ для локальной зоны за шкворневым узлом в центральной части рамы — загрузка одним контейнером 40 футов массой 40 т, расположенным по схеме В;

В связи с этим анализ напряженного состояния конструкции вагона-платформы проводился для загрузок по схемам А, Б и В.

Таким образом, с учетом трех вариантов загрузки и восьми расчётных режимов, в расчетном обосновании для подтверждения статической прочности вагона (7) реализовано 24 расчетных случая. На рис. 6 представлено распределение эквивалентных напряжений по критерию Губера-Мизеса при соударениях вагона для схемы загрузки А (максимально нагружен центр вагона).

На рис. 7 представлено распределение эквивалентных напряжений по критерию Губера-Мизеса при соударениях вагона для схемы загрузки Б (максимально нагружена консоль вагона).

Полученные значения напряжений для всех расчетных режимов не превышают допустимых, следовательно, конструкция вагона по нормируемым параметрам статической прочности удовлетворяет требованиям (3) и (4).

В процессе проектирования также было проведено расчетное исследование по оценке сопротивления усталости разрабатываемой конструкции для подтверждения ее работоспособности в течение назначенного срока службы 40 лет. Полученные коэффициенты запаса сопротивления усталости превышают минимально допустимые согласно (2) и (3).

В рамках анализа прочности конструкции платформы отдельно оценивалась прочность фитинговых упоров с защитой от опрокидывания. Прочность фитинговых упоров оценивалась для двух режимов:

✓ режим Ф1 — соударения согласно (3);

✓ режим Ф2 — опрокидывание контейнера при воздействии на него непогашенного ускорения и ветровых нагрузок согласно (4).

Расчет нагрузок, действующих на фитинговые упоры для режима Ф1, должен учитывать следующие факторы:

✓ сила инерции, вычисляемая согласно (3), в случае перевозки одного контейнера 30 или 40 футов больше, чем для двух контейнеров 20 футов;

✓ опрокидывающий момент, возникающий из-за «клевок» контейнера в момент ударного взаимодействия вагона-платформы с другим подвижным составом, реализуется для контейнеров с меньшей базой, т.е. для контейнера 20 и 30 футов он больше, чем для контейнера 40 футов.

Окончательно, учитывая вышесказанное, было получено, что наибольшие нагрузки на фитинговый упор возникают при загрузке платформы контейнером длиной 30 футов.

Для режима Ф2 силы, действующие на фитинговые упоры, определялись в соответствии с работой (4), в которой представлены результаты исследований аэродинамических воздействий на подвижной состав, загруженный контейнерами, с учетом различных особенностей инфраструктуры. На основании проведенных исследований определены значения расчетных ветровых нагрузок для наихудших с точки зрения аэродинамики схем размещения контейнеров и типов платформ с учетом возможных порывов ветра, а также с учетом возможности движения по мосту (насыпи) высотой 25 м и скорости ветра 41 м/с.

Согласно полученным в (4) данным, наибольшая боковая и вертикальная составляющие ветровой нагрузки соответствуют загрузке порожнего контейнера длиной 45 футов. Этот вариант загрузки выбран для расчета по режиму Ф2 как наиболее критический.

Анализ напряженно-деформированного состояния проводился с помощью расчетной модели, учитывающей сам вагон-платформу и установленные на нее согласно конструкторской документации фитинговые упоры (рис. 8). Между вагоном-платформой и фитинговыми упорами учитывалось контактное взаимодействие. На рис. 9 представлены распределения эквивалентных напряжений в фитинговых упорах для режима Ф1. На рис. 10 показаны распределения эквивалентных напряжений в фитинговых упорах для режима Ф2.

В процессе анализа полученных результатов определена наиболее нагруженная область фитингового упора — сварное соединение упора и плиты. Максимальные напряжения в упорах, элементах их крепления на раме плат-

формы, а также в самой раме не превышают допустимых. Следовательно, конструкция вагона по нормируемым параметрам прочности удовлетворяет требованиям (3).

Обеспечение максимально возможной технологичности сборочно-сварочных работ при серийном изготовлении было одной из важнейших задач при разработке платформы. При этом конструкция основных элементов рамы — хребтовой и боковых балок — должна была обеспечить сборку на существующем оборудовании при минимальных его изменениях.

Основные особенности рамы (узкая рама, наличие листа консоли) во многом позволили добиться указанной цели благодаря значительному уменьшению количества деталей и длины сварных швов.

Особенности испытаний опытных образцов платформы заключались в увеличенном объеме по сравнению с испытанием типовых вагонов-платформ. Такой объем потребовался в связи с необходимостью проверки новых для российской железнодорожной отрасли решений, реализованных в данном проекте и связанных, главным образом, с применением фитинговых упоров с защитой от опрокидывания контейнеров новой конструкции. Полный перечень испытаний включает в себя:

✓ испытания по определению соответствия фактических габаритных размеров строительному очертанию и общесистемным показателям;

✓ стационарные тормозные испытания;

✓ статические испытания на прочность, включая прочность от ремонтных нагрузок и прочность подножек и поручней составителя;

✓ испытания на прочность при соударении, включая прочность подвесного оборудования при порожнем соударении;

✓ стационарные тормозные испытания;

✓ ходовые прочностные и динамические испытания, включая испытания в порожнем и груженом режимах, а также с порожними контейнерами;

✓ испытания по воздействию на путь и стрелочные переводы;

✓ ходовые тормозные испытания;

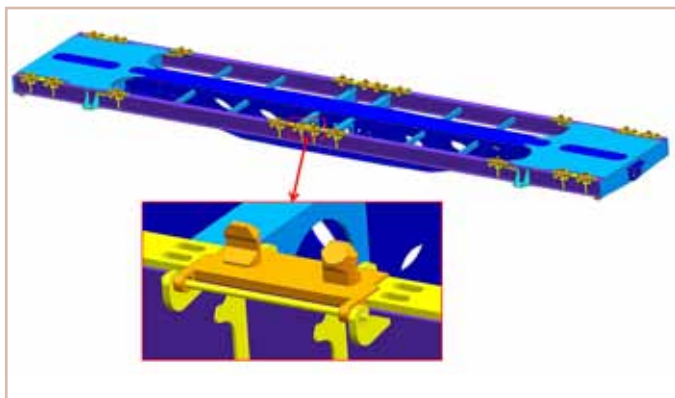


Рис. 8. Расчетная модель вагона-платформы и установленных на ней фитинговых упоров

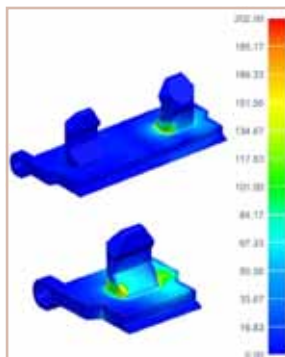


Рис. 9. Распределение эквивалентных напряжений в фитинговых упорах для режима Ф1, МПа

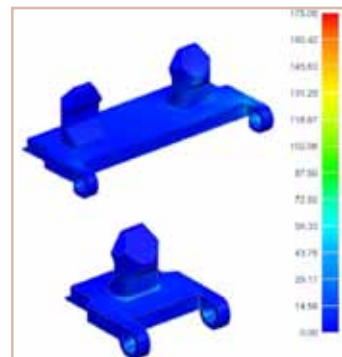


Рис. 10. Распределение эквивалентных напряжений в фитинговых упорах для режима Ф2, МПа

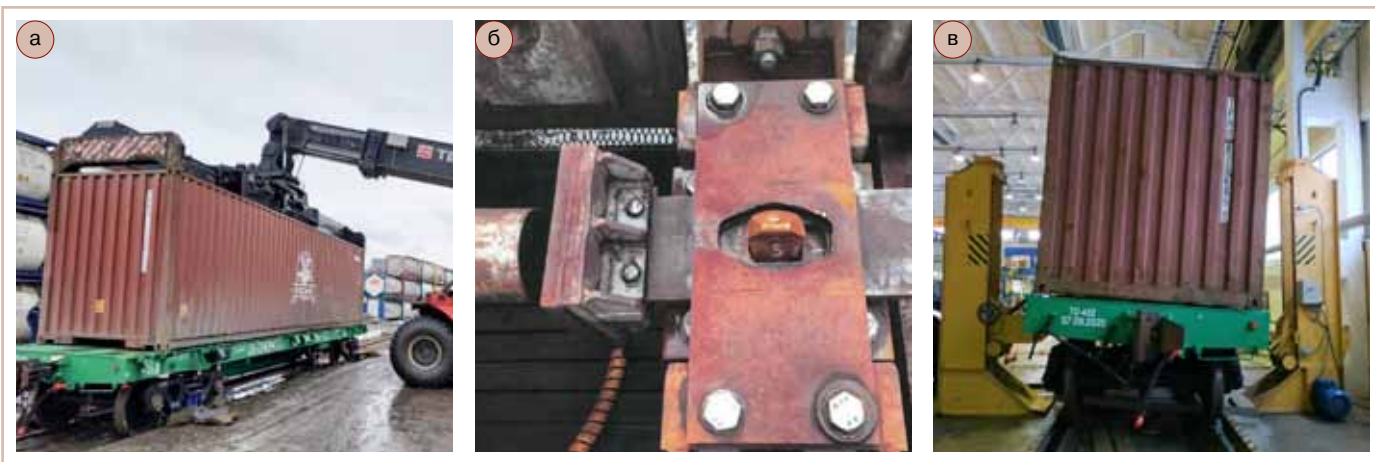


Рис. 11. Испытания вагона-платформы модели 13-6724 с фитинговыми упорами с защитой от опрокидывания: а — функциональные с помощью ричстакера; б — фитинговых упоров на ресурс; в — на опрокидывание контейнера

Таблица 2

Сравнение основных характеристик платформ

Наименование параметра	Модель платформы, производитель						
	13-6724 ТБСЗ	13-6851-01 ТихвинСпецМаш	13-1258-01 РузХимМаш	13-2114К Алтай-ВагонЗавод	13-166 АзовМаш	13-4012-09 ДнепроВагонМаш	13-6953 Рославльский ВРЗ
Длина, фут	46	40	40	40	40	40	40
Масса тары, т	20,0	20,0	21,0	20,6	16,7	18,2	19,8
Грузоподъемность, т	80,0	80,0	72,0	73,0	61,0	72,0	72,0
Коэффициент тары	0,250	0,250	0,292	0,282	0,274	0,253	0,275
Максимальная масса брутто контейнеров, т	40,0	40,0	36,0	36,0	30,48	30,48	36,0
Наличие фитинговых упоров с защитой от опрокидывания	есть	нет	нет	есть	нет	нет	нет
Количество фитинговых упоров, шт.	20	16	16	16	8	8	16
Длина по осям сцепления автосцепок, мм	15320	14620	14620	14620	13600	14620	14620
Конструкция рамы	С хребтовой балкой, узкая	С хребтовой балкой, широкая	С хребтовой балкой, широкая	С хребтовой балкой, широкая	С хребтовой балкой, узкая	С хребтовой балкой, широкая	С хребтовой балкой, широкая
Срок службы, лет	40	40	32	32	32	32	32

✓ испытания функциональной работоспособности с проведением погрузо-разгрузочных работ на контейнерном терминале с помощью ричстакера (рис. 11,а);

✓ испытания вагона на ресурс при соударении для подтверждения срока службы 40 лет;

✓ испытания макетов фитинговых упоров на ресурс для подтверждения срока службы и возможности перевозки контейнеров с массой брутто 40 т (рис. 11,б);

✓ испытания на опрокидывание порожних контейнеров под действием эксплуатационных, в том числе ветровых, нагрузок, для подтверждения работоспособности и прочности элементов фитинговых упоров с защитой от опрокидывания новой конструкции (рис. 11,в).

Платформа успешно прошла предусмотренные виды испытаний, тем самым подтвердив соответствие всем нормативным требованиям.

Преимущества разработанной платформы перед вагонами-аналогами длиной 40 футов связаны, прежде всего,



Рис. 12. Вагоны-платформы модели 13-6724 в эксплуатации

с увеличенной погрузочной длиной и расположением дополнительных фитинговых упоров (что позволяет перевозить два контейнера 20 футов с увеличенной до 7010 мм длиной кузова), а также грузоподъемностью вагона 80 т и возможностью перевозки контейнеров массой брутто 40 т. Сравнение основных характеристик платформы с аналогами приведено в табл. 2.

По результатам сравнения следует, что конструкция платформы при минимальном значении коэффициента тары обладает максимальной грузоподъемностью и максимальным назначенным сроком службы 40 лет. При этом стоит отметить, что применяемая конструктивная схема рамы обладает значительным резервом для большего снижения массы тары платформы. В то же время отсут-

ствие тележки с осевой нагрузкой 25 тс, обеспечивающей нормативные динамические и тормозные характеристики для нового вагона с минимальной массой менее 19 т, в настоящее время является препятствием для дальнейшего снижения металлоемкости вагонов-платформ.

В августе 2021 г. начата подконтрольная эксплуатация вагонов (рис. 12). Платформы используются, главным образом, под специализированные контейнеры с рулонной сталью в трансграничных перевозках. Контейнеры перевозят до границы с ЕС, где перегружают на платформы колеи 1435 мм и отправляют до конечного пункта назначения.

По состоянию на 2020 г. доля железнодорожных перевозок в России превысила 87 %. При этом за счет как глобальной, так и внутрироссийской контейнеризации грузов доля грузопотока в контейнерах быстрыми темпами растет уже шестой год подряд.

Так, по итогам 2020 г. перевозка контейнеров по сети железных дорог России выросла на 16,5 % относительно 2019 г. При этом рост перевозок грузных контейнеров за этот же период увеличился более чем на 18 %, порожних — более 12 %. Транзитные перевозки выросли почти на 39 %, внутренние перевозки — почти на 12 %. Наибольший рост

показывают перевозки химикатов и соды (+26 %), леса (+6 %), промтоваров (+28 %). Рост перевозок по итогам 10 месяцев 2021 г. уже составил более 12 % по отношению к аналогичному периоду 2020 г., при этом перевозка грузных контейнеров выросла более чем на 17 %.

Сохраняющаяся в настоящее время тенденция к росту контейнерных перевозок позволяет прогнозировать продолжение спроса на фитинговые платформы. Дополнительно это подтверждается как уже имеющимися контрактами на поставку платформ, так и высоким интересом, который заказчики проявляют к данному типу подвижного состава.

Библиография

1. Платформа для перевозки крупнотоннажных контейнеров, модель 13-6724 (Электронный ресурс) // URL: https://www.uniwagon.com/products/platforms_for_the_transportation_of_large-capacity_containers/platforma-dlya-perevozki-krupnotonnazhnyh-kontejnerov-model-13-6724/ (дата обращения: 10.11.2021).
2. ТР ТС 001/2011 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности железнодорожного подвижного состава».
3. ГОСТ 33211-2014 Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам.
4. Отчет о научно-исследовательской работе «Исследование причин опрокидывания порожних контейнеров с платформ при движении в составе поезда», АО «ВНИИЖТ», 2017.
5. Кононенко А.С., Шевченко Д.В., Брусенцов С.А. Сочлененные вагоны-платформы длиной 80 футов: особенности проектирования по нормативам Евросоюза // Техника железных дорог, № 4 (56). 2021. — с. 50 — 57.
6. Соколов А.М., Орлова А.М., Васильев С.Г. Межгосударственный стандарт «Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам» // Вагоны и вагонное хозяйство, № 4 (36), 2013. — с. 19 — 22.
7. Орлова А.М., Шевченко Д.В., Саидова А.В. Требования и методы подтверждения прочности кузовов грузовых вагонов: учебное пособие. ISBN 978-5-7641-0936-7 — СПб.: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2018. — 43 с.

ВНИЦТТ СТАЛ ПРИЗЕРОМ XI НАЦИОНАЛЬНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

В рамках финального этапа XI Национальной научно-технической конференции в номинации «Транспортное машиностроение» призером стал Александр Мышкин, инженер-конструктор 1-й категории Всесоюзного научно-исследовательского центра транспортных технологий (ООО «ВНИЦТТ»), с проектом «Вагон-цистерна сочлененного типа для перевозки светлых нефтепродуктов, модель 15-629», разработанным коллективом инженерингового центра.

Шестиосный вагон-цистерна — уникальное транспортное решение, которое позволяет перевозить легковесные светлые нефтепродукты с полной загрузкой и при этом учитывать все инфраструктурные ограничения и особенности перевозок нефтеналивных продуктов. Эксплуатация данного вагона на железнодорожной сети обеспечивает:

- перевозку до двух раз большего объема груза по сравнению с типовым четырехосным вагоном;
- экономию на транспортировке до 20 %;
- сокращение потребного парка эксплуатируемых цистерн;
- расшивку «узких» участков инфраструктуры без дополнительных инвестиций.

Серийное производство вагонов-цистерн модели 15-629 началось в 2021 г.

Национальная научно-техническая конференция проходит ежегодно под эгидой Союза машиностроителей России с 2011 г. В этом году в конкур-



Александр Мышкин (в центре) на церемонии награждения призеров XI Национальной научно-технической конференции

се научно-технических работ приняли участие более 100 человек. Свои инновационные разработки в области машиностроения и смежных отраслей промышленности представляли студенты, молодые ученые и специалисты предприятий в 14 номинациях. В ходе трех этапов конференции все работы оценивались комиссией, в состав которой входило более 60 экспертов.

ООО ВНИЦТТ (входит в состав Холдинга НПК «Объединенная Вагонная Компания») — современный научно-исследовательский и проектно-конструкторский комплекс, специализирующийся на разработке грузового подвижного состава и его составных частей. Целями

его деятельности являются разработка (включая модернизацию, модификацию и совершенствование) и постановка на производство вагонов нового поколения и комплектующих с улучшенными технико-экономическими показателями.

Подвижной состав, разрабатываемый ВНИЦТТ, обладает повышенными осевыми и погонными нагрузками и обеспечивает высокую надежность эксплуатации, сокращает сервисные издержки, ускоряет погрузку и разгрузку, а также повышает безопасность движения и пропускную способность сети.

По материалам
пресс-службы «НПК ОВК»