

СОЗДАНА ПЛАТФОРМА ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ ШИРОКОФОРМАТНОГО ЛИСТОВОГО ПРОКАТА ДЛИНОЙ 18 м

А.С. Кононенко,
Инженерный центр вагоностроения,
г. Санкт-Петербург

После запуска в июле 2009 г. на Магнитогорском металлургическом комбинате (ММК) стан-5000 объем производства широкоформатного листового проката в России значительно увеличился. Этот стан позволяет выпускать стальной толстолистовой прокат шириной до 4850 мм, который используется в производстве одношовных труб для строительства трубопроводов в нефтегазовой отрасли, а также в судостроении.

Чтобы перевозить листы такой ширины, требуется создание специаль-

ного подвижного состава, так как возможности универсальных платформ и полувагонов ограничены внутренней шириной кузова, а платформы модели 13-4107 с поворотной рамой не позволяют перевозить прокат длиной более 12,4 м. После запуска в июле 2010 г. на Челябинском трубопрокатном заводе (ЧТПЗ) цеха «Высота 239» в России начато производство одношовных труб длиной 18 м, диаметром от 508 до 1420 мм, применение которых значительно сокращает объем сборочно-сварочных работ при прокладке трубопроводов,

снижает их себестоимость, а также повышает надежность системы благодаря уменьшению в 1,5 раза количества поперечных сварных швов.

Для обеспечения перевозок листового проката увеличенной длины из ММК на ЧТПЗ возникла потребность в новом подвижном составе с погрузочной длиной более 18 м (рис. 1). Изготовление установочной серии новой платформы было поручено ОАО «Трансмаш» (г. Энгельс Саратовской обл.), а выполнение комплекса работ по проектированию и постановке на производство — Инженерному центру вагоностроения (г. Санкт-Петербург).

В рамках таких работ проведено обоснование компоновочной схемы нового вагона, выбраны основные параметры и выполнен комплекс прочностных расчетов. Компоновочная схема вагона выбиралась на основе рассмотрения технологии погрузо-разгрузочных работ, анализа возможных схем перевозки широкого листа и обзора вагонов-аналогов.

Одним из ограничений при выборе схемы перевозки широкоформатного листового проката является применяемая в настоящее время технология погрузо-разгрузочных работ, поскольку соответствующая инфраструктура создавалась в течение длительного



Стан-5000, ММК



Специализированный подвижной состав



Цех «Высота 239», ЧТПЗ

Рис. 1. Схема перевозки широкоформатного листового проката



Рис. 2. Погрузка широкоформатного листа с помощью магнитного грузоподъемного устройства:
а — магнитное грузоподъемное устройство; б — подъем широкоформатного листа магнитным устройством

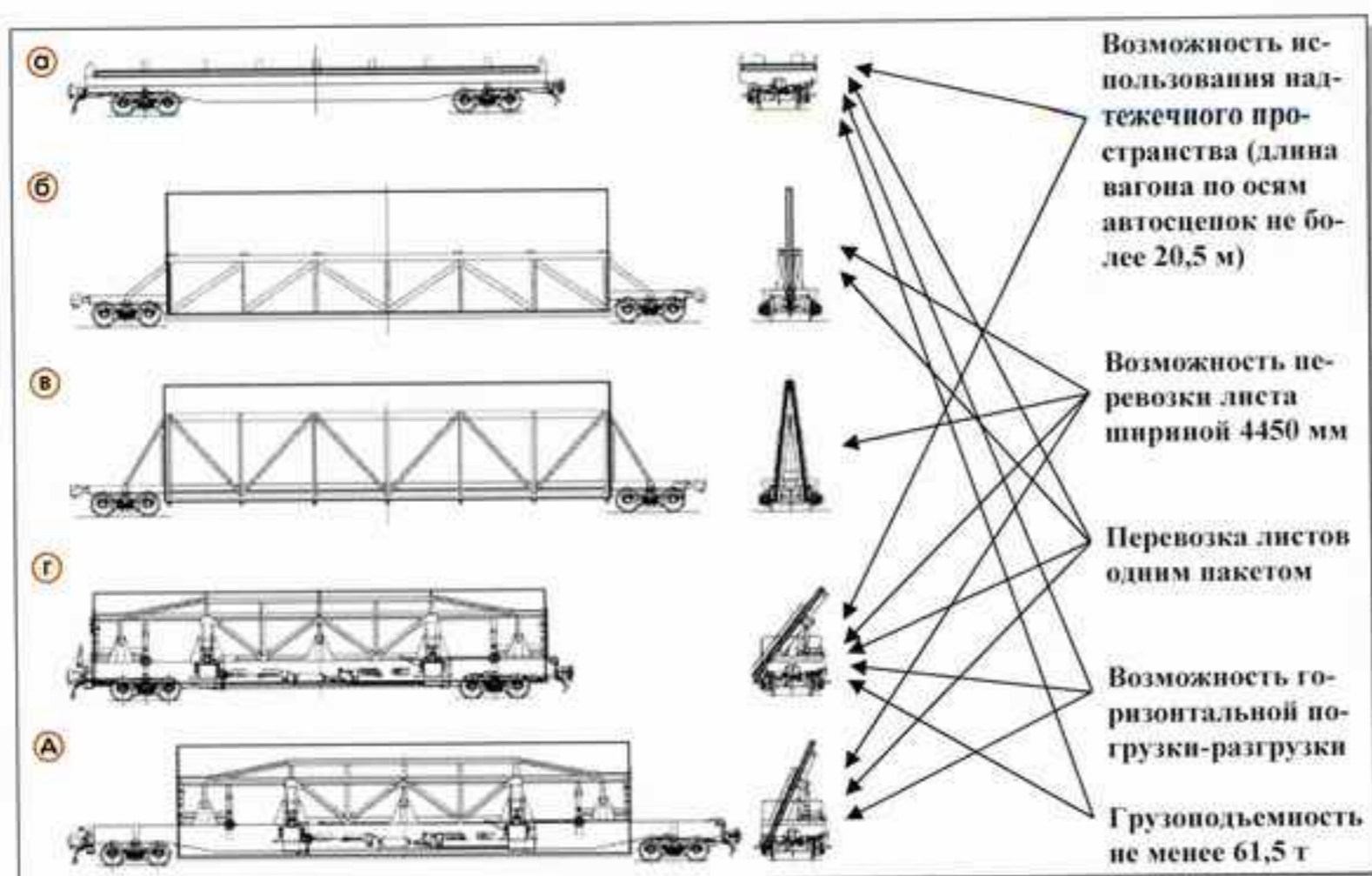


Рис. 3. Схемы перевозки широкоформатного листового проката длиной 18 м: а — в горизонтальном положении; б — в вертикальном положении; в — в наклонном положении; г — в наклонном положении на поворотной раме; д — в наклонном положении на поворотной раме в межтележном пространстве

времени. В этой связи были проанализированы возможности предприятий по погрузке и разгрузке широкого листа. Среди способов проведения погрузо-разгрузочных работ можно выделить три основных.

1 Погрузка листов в горизонтальном положении на платформы и в полувагоны с помощью стропов или механических грузозахватных устройств. При этом обязательным условием является наличие между пачками листов (или отдельными листами) прокладок для выемки стропов или механических грузозахватных устройств.

2 Погрузка листов в вертикальном положении. Указанный способ может быть использован для погрузки с помощью грузозахватных эксцентриковых устройств. Однако грузоподъемность этих устройств ограничивает их применение для погрузки толстолистового широкого проката. Еще одним недостатком, как и в первом случае, является неудобство установки и съема грузозахватных устройств на листы из пакета, погруженные без прокладок.

3 Погрузка листов в горизонтальном положении с помощью магнитных устройств. Этот способ не требует наличия прокладок между листами и

ограничен лишь грузоподъемностью электромагнита, которая составляет, как правило, 30 или 50 т, что обеспечивает высокую производительность погрузо-разгрузочных операций. Такой способ погрузки является наиболее массовым на крупных металлургических предприятиях (рис. 2).

Именно преимущественное использование магнитных грузоподъемных устройств при погрузо-разгрузочных операциях предопределило формирование соответствующей инфраструктуры и, как следствие, основное требование к подвижному составу: возможность погрузки и разгрузки листа в горизонтальном положении.

Затем были рассмотрены возможные схемы транспортировки широкого листа, которые отличаются как расположением проката на платформе, так и конструкцией самого подвижного состава. Анализ показал, что можно реализовать пять принципиальных схем погрузки для вагонов различной конструкции. Эти схемы обеспечивают вписывание вагона в габарит 1-Т, груза — в габарит погрузки, а также расположение центра тяжести как груженого, так и порожнего вагона в

Таблица 1

Характеристики схем перевозки широкого листа

Параметр	Схема перевозки				
	Рис. 3,а	Рис. 3,б	Рис. 3,в	Рис. 3,г	Рис. 3,д
Максимальная ширина перевозимого листа, мм	3200	4900		4500	4900
Положение листа при погрузке	горизонтальное	вертикальное		горизонтальное	
Угол наклона листа к горизонту при перевозке, градусов	0	90	80—85	51—55	63—67
Возможность использования надтележного пространства	есть	нет		есть	нет
Количество перевозимых пакетов листа, шт.	1		2	1	
Грузоподъемность, т (на тележках с осевой нагрузкой 23,5 тс)	67—70	58	60	61,5	56

пределах нормируемого допуска относительно оси пути (рис. 3).

Из схемы видно, что платформа с поворотной рамой (см. рис. 3,г) для перевозки листов в наклонном положении отвечает всем основным требованиям, предъявляемым к подвижному составу для перевозки широкого листа длиной 18 м. Основные характеристики схем погрузки широкоформатного листового проката приведены в табл. 1.

Конструкция платформы с поворотной рамой для перевозки листов в наклонном положении наиболее сложная, поскольку помимо несущей металлоконструкции такой вагон снабжен дополнительными механизмами и устройствами.

Необходимо отметить, что перспективной также является задача создания вагонов по схемам 3,б, 3,в и 3,д — только они дают возможность перевезти листы шириной до 4900 мм.

Далее был выполнен обзор российских и зарубежных вагонов для перевозки листового проката, который показал, что все вагоны соответствуют схемам рис. 3,а (универсальные и специализированные платформы, универсальные полувагоны) и рис. 3,г (платформа для перевозки листов в наклонном положении на поворотной раме). Поскольку в универсальных полувагонах и платформах, в силу ограничения по ширине, перевозка широкоформатного листа невозможна, далее в обзоре рассматривались только платформы с поворотной рамой.

На территории Западной Европы с 2001 г. эксплуатируется вагон модели Slps-u 725 производства североамериканской компании «Greenbrier» для перевозки листов длиной до 19 м и шириной до 5500 мм с поворотной верхней рамой (рис. 4,а). Верхняя рама состоит из трех независимых частей, каждая из которых независимо или синхронно переводится из горизонтального в наклонное положение с помощью гидравлического привода. Недостатком такого вагона можно считать дорогостоящую конструкцию и сравнительно невысокую грузоподъемность — 57 т.

На территории СНГ пионером в создании платформы для транспортировки широкоформатного листового проката стал завод «Днепровагонмаш» (Украина). Платформа модели 13-4107 для перевозки листов с максимальными размерами до 12,4×4,45 м была поставлена на производство в 2004 г. (рис. 4,б). Ее конструкция, как и у западного аналога, включает поворотную раму, однако привод механизма поворота верхней рамы — пневматический. Основные конструктивные решения этой платформы хорошо зарекомендовали себя в эксплуатации,

и именно они значительно позже, в 2010 г., легли в основу разработки новой платформы, уже для производства ее на территории России.

Платформа модели 13-9874 (Завод металлоконструкций, г. Энгельс) по своим параметрам аналогична модели 13-4107. В то же время при разработке этой конструкции был учтен опыт эксплуатации вагона-аналога (рис. 4,в): усилены конструкция несущих элементов поворотной рамы с передвижными упорами, элементы, передающие продольные усилия от поворотной рамы на раму платформы при соударении, усовершенствованы механизмы фиксации поворотной рамы и крепления груза.

У последних двух вагонов максимальная ширина перевозимого листа ограничена 4450 мм, что обусловлено расположением перевозимого листа над тележками и габаритом погрузки.

При разработке нового вагона в качестве аналогов приняли платформы модели 13-4107, а также модели 13-9874, в конструкции которого были апробированы новые решения.

На следующем этапе были проведены исследования по выбору параметров конструкции платформы для транспортировки широкого листа длиной 18 м. При этом определена номенклатура перевозимых листов, обоснованы геометрические и массовые характеристики вагона-платформы.

Конструкция вагона определяется углом наклона поворотной рамы, от которого зависят все остальные перечисленные показатели. Геометрические параметры разрабатываемой платформы выбирали на основе исследования зависимостей ширины перевозимого листа, допускаемого смещения центра массы груза относительно оси пути и высоты расположения центра массы груза от угла наклона поворотной рамы.

Исходными данными для расчета угла наклона поворотной рамы (рис. 5) являлась максимальная ширина листа, принятая, как и у вагонов-аналогов, равной 4450 мм. Варьировались такие параметры, как угол наклона, смещение центра массы груза относительно оси пути и высота центра массы груза от уровня головок рельсов. Граничными условиями являлись очертания габарита вагона 1-Т и габарита погрузки, условие использования надтележечного пространства, исключаящее взаимодействие тележек с поворотной рамой и листами при движении вагона, в том числе в кривых малого радиуса, а также максимальные допускаемые значения смещения центра массы груза относительно оси пути (200 мм) и высоты центра массы груза от уровня головок рельсов (около 2730 мм).



Рис. 4. Вагоны для перевозки широкоформатного листового проката: а — вагон Sips-u 725 компании «Greenbrier»; б — вагон модели 13-4107, «Днепровагонмаш»; в — вагон модели 13-9874, Завод металлоконструкций, г. Энгельс

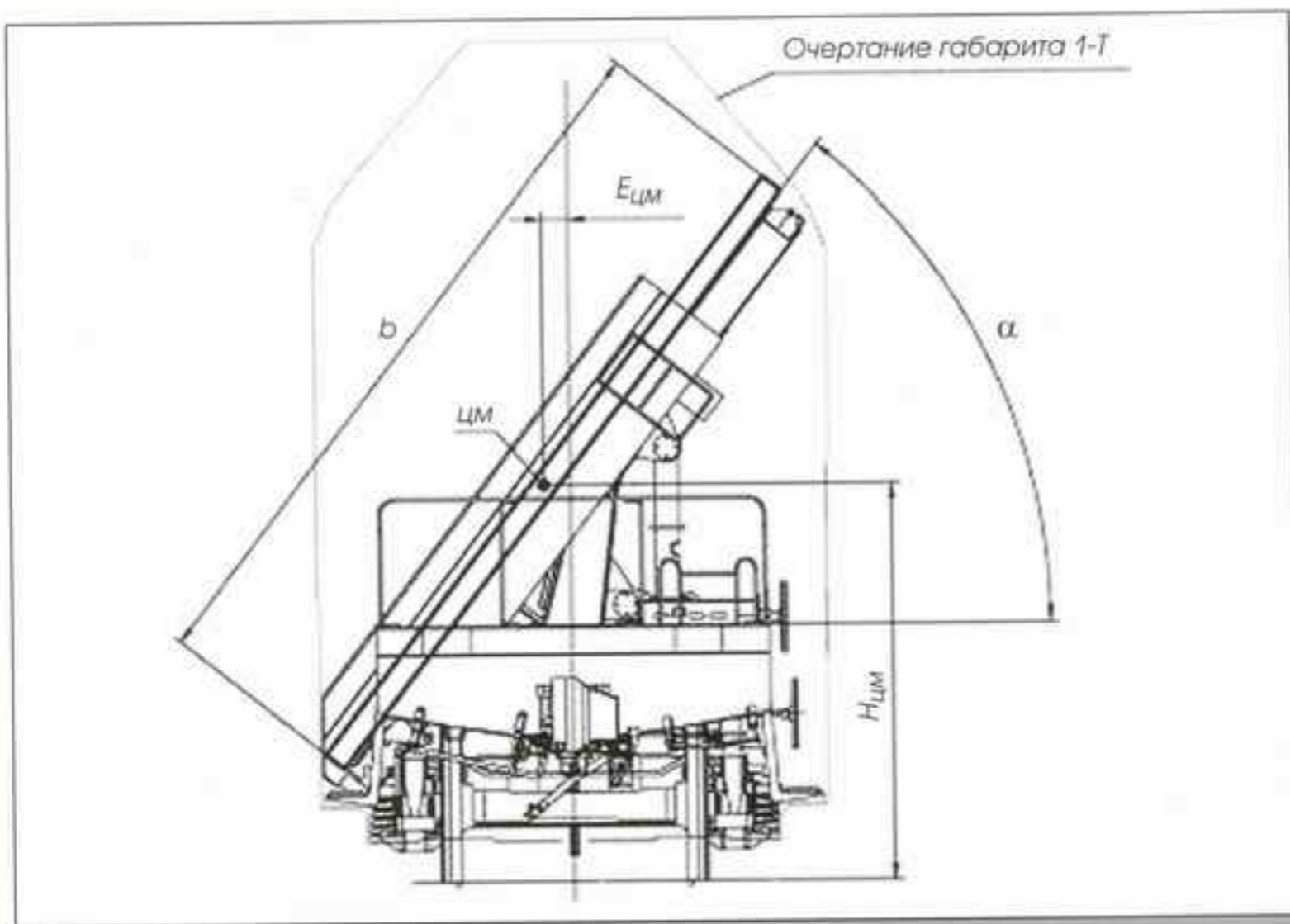


Рис. 5. Расчетная схема для выбора угла наклона поворотной рамы:
 ЦМ — центр массы груза; $E_{ЦМ}$ — смещение центра массы груза относительно оси пути; $H_{ЦМ}$ — высота центра массы груза; b — ширина листа; α — угол наклона поворотной рамы к горизонту

Чтобы получить зависимости перечисленных показателей от угла наклона поворотной рамы, была создана твердотельная модель вагона с грузом, при изменении параметров которой определили значения смещения центра массы груза относительно оси пути и высоту центра массы груза при различных углах наклона поворотной рамы. Расчеты выполнены при ус-

ловии вписывания конструкции вагона, включая упоры листов, в очертание габарита 1-Т, а листов и устройств крепления — в очертание габарита погрузки. Масса груза принята 61,5 т.

В результате анализа полученных зависимостей было установлено, что по условию вписывания вагона с грузом в габарит угол наклона поворотной рамы к горизонту должен состав-

лять не менее 52° , по условию допускаемого нормативного смещения центра масс груза — не более 58° , по условию допускаемой высоты центра масс — не более $55,5^\circ$. При значении угла наклона 52° (как у аналога модели 13-4107) смещение центра масс груза и высота центра масс находятся в зоне допускаемых значений и обеспечивают устойчивость вагона от схода с рельсов и опрокидывания, в том числе в кривых участках пути.

На следующем этапе была проведена оценка прочности и усталостной прочности несущей металлоконструкции платформы. Расчеты выполнялись согласно разработанной Инженерным центром методике прочностных расчетов элементов вагона-платформы с поворотной рамой и показали, что конструкция соответствует требованиям Норм для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм. На рис. 6 показано напряженно-деформированное состояние для несущих элементов конструкции, включая устройства крепления и удержания груза, элементы механизма поворота и фиксации поворотной рамы, при наиболее критичных для каждого узла видах нагружения.

Проведение прочностных расчетов осложнялось тем, что нормативные документы, регламентирующие требования к выполнению таких расчетов, не содержат конкретных рекомендаций по созданию расчетной модели создаваемого специализированного вагона-платформы. Поэтому на данном этапе потребовалось выполнить обоснование и разработку геометрической модели, модели приложения эксплуатационных нагрузок и модели кинематических граничных условий. Все они должны учитывать конструкционные особенности вагона-платформы и описывать реальное взаимодействие основных элементов в эксплуатации. Совокупность этих моделей позволила сформировать расчетную схему для оценки прочности вагона-платформы.

В результате выполнения комплекса работ была создана платформа модели 13-9859. Она предназначена для перевозки листов длиной до 18,3 м, при этом конструкцией предусмотрена возможность для транспортировки и листов меньшей длины, до 12,3 м (рис. 7).

Несущая металлоконструкция состоит из рамы платформы и шарнирно закрепленной поворотной рамы с грузовой площадкой. Для перевода поворотной рамы из погрузочного (горизонтального) в транспортное (наклонное) положение и обратно вагон оборудован механизмами поворота с пневматическим приводом и механизмами фиксации. Для удержания лис-

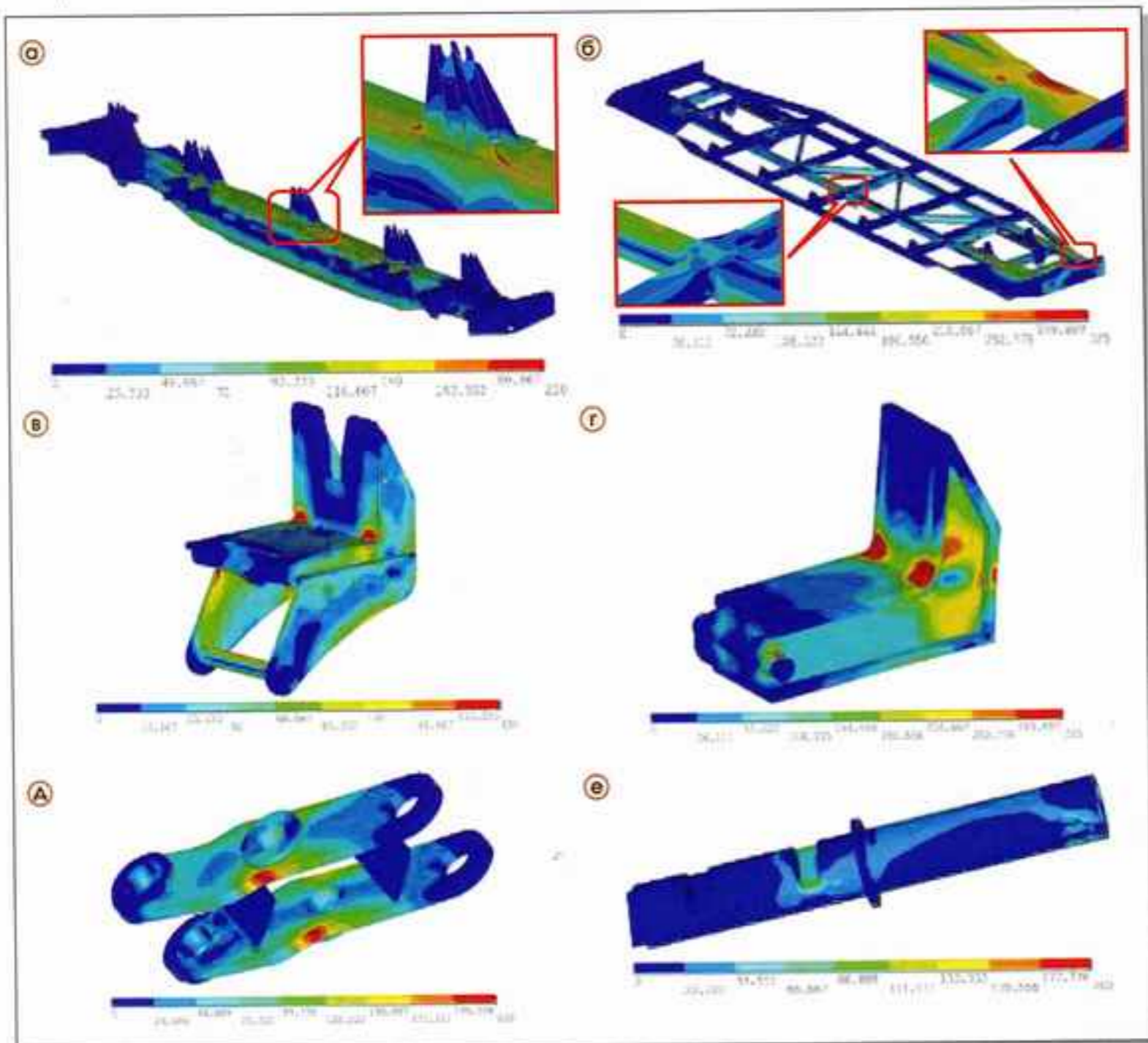


Рис. 6. Распределение эквивалентных напряжений в элементах конструкции:
 а — в раме (III режим, сжатие 1,0 МН); б — в поворотной раме (I режим, удар 3,0 МН); в — в поперечном упоре (нагрузка от веса груза с учетом динамической составляющей); г — в продольном упоре (I режим, удар 3,0 МН); д — в рычаге механизма поворота (нагрузки, возникающие в процессе работы механизма); е — в опоре механизма фиксации (нагрузки при удержании поворотной рамы в погрузочном положении)

РУКОВОДИТЕЛИ ПРЕДПРИЯТИЙ НП «ОПЖТ» ОТМЕЧЕНЫ ПРАВИТЕЛЬСТВОМ РОССИИ

Руководителям предприятий Некоммерческого партнерства «Объединение производителей железнодорожной техники» (НП «ОПЖТ») присуждены премии Правительства Российской Федерации 2011 года в области науки и техники, а также присвоены звания «Лауреат премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники» за разработку статей, технологии изготовления, внедрение комплекса инновационных проектов и освоение массового производства железнодорожных колес повышенной эксплуатационной стойкости для вагонов нового поколения.

Лауреатами государственной награды стали:

- ➔ доктор политических наук, президент ОАО «РЖД» **В.И. Якунин**;
- ➔ старший вице-президент ОАО «РЖД», президент НП «ОПЖТ» **В.А. Гапанович**;
- ➔ кандидат технических наук, вице-президент НП «ОПЖТ» **В.А. Матюшин**;

➔ кандидат экономических наук, председатель совета директоров ЗАО «Объединенная металлургическая компания» **А.М. Седых**.

Правительственная премия присуждена представителям ОАО «Выксунский металлургический завод» (член НП «ОПЖТ»):

- ➔ директору по технологиям и качеству **А.А. Шишову**;

- ➔ начальнику комплекса **А.М. Волкову**;
- ➔ начальнику управления **А.С. Гриншпону**;
- ➔ начальнику отдела **А.А. Яндимирову**.

Государственной наградой также отмечен кандидат технических наук, заведующий отделением ОАО «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» **А.В. Сухов**.

Наша справка

Некоммерческое партнерство «Объединение производителей железнодорожной техники» образовано для системной координации деятельности предприятий отрасли, которая призвана на основе интеграции финансовых и интеллектуальных ресурсов способствовать инновационному технологическому подъему на железнодорожном транспорте и в отечественном машиностроении.

Таблица 2

Технические характеристики вагонов для перевозки широкого листа

Наименование параметра	Модель			
	13-4107	13-9874	Sips-u 725	13-9859
Завод-изготовитель	ДВМ	ЗМК	«Greenbrier»	«Трансмаш»
Год постановки на серийное производство	2004	2010	2001	2010
Тара, т, не более	27,0		33,0	32,5
Грузоподъемность, т	67,0		57,0	61,5
Максимальная расчетная статическая нагрузка от колесной пары на рельсы, кН (тс)	230 (23,5)		220 (22,5)	230,5 (23,5)
Удельная материалоемкость	0,40		0,58	0,53
Длина по осям сцепления автосцепок, мм	14620		22040	20460
База, мм	10400		—	14240
Размеры перевозимого листа основного диапазона длин, мм:				
длина	10000 — 12400		до 19000	18000 — 18300
ширина	3080 — 4450		2830 — 5500	3080 — 4450
толщина	7 — 50		—	6 — 50
Дополнительный диапазон длин перевозимого листа, мм	—		6000 или 12000	11800 — 12300
Количество независимых погрузочных площадок, шт.	1		3	1
Угол плоскости верхней рамы относительно горизонта в транспортном положении, град	52		50 (крайние площадки) 60 (средняя площадка)	52
Привод системы поворота верхней рамы	пневматический		гидравлический	пневматический
Количество цилиндров привода, шт.	2		6	2
Конструкционная скорость, км/ч	100	120	100	120
Габарит по ГОСТ 9238-83	1-Т		—	1-Т

тов на поворотной раме установлены упоры, регулируемые по высоте в зависимости от ширины перевозимого проката. Чтобы ограничить продольные перемещения листов длиной 18 м, на поворотной раме установлены торцевые стенки, листов длиной 12 м — откидные продольные упоры. Для дополнительной фиксации листов на поворотной раме предусмотрены механизмы крепления.

Разработанный вагон модели 13-9859 по сравнению с зарубежным аналогом, способным перевозить широкий лист сопоставимых размеров, характеризуется более низким коэффициентом тары и повышенной грузоподъемностью (табл. 2).

В 2010 г. платформа модели 13-9859 успешно прошла комплекс предварительных и сертификационных испытаний и поставлена на серийное производство на заводе «Трансмаш» (г. Энгельс). По состоянию на сентябрь 2011 г. на сети дорог эксплуатировалось уже



Рис. 7. Вагон-платформа модели 13-9859 для широкого листа длиной до 18,3 м

более 250 таких вагонов, собственниками которых являются ЧТПЗ и ММК.

В то же время в ноябре 2011 г. введен в эксплуатацию третий в стране (после Ижорского завода и ММК) стан-5000 на Выксунском металлургическом заводе. Учитывая то, что вмес-

те с сырьевым сектором экономики трубопроводные системы России постоянно развиваются, железнодорожный транспорт должен быть готов к увеличению перевозок широкого листа, а также труб большого диаметра длиной 18 м.