

принимаются равными: для 4-осных грузовых порожних и легкозагруженных вагонов (с осевой нагрузкой до 125 кН):  $N = 0,5$  МН – при сжатии вагона в кривой и опрокидывании наружу и  $N = 0,7$  МН – при растяжении вагона в кривой и опрокидывании внутрь; для 4-осных грузовых нагруженных вагонов:  $N = 1$  МН – при сжатии вагона в кривой и опрокидывании наружу,  $N = 1,4$  МН – при растяжении вагона в кривой и опрокидывании внутрь;  $R$  – радиус расчетной кривой, принимается равным: при опрокидывании наружу кривой – 650 м, при опрокидывании внутрь кривой – 300 м;  $L_c$  – половина длины вагона между осями автосцепок;  $\Delta h$  – разность уровней осей автосцепок исследуемого и соседних вагонов, принимается одинаковой с обоих концов исследуемого вагона,  $\Delta h = 0,8$  м;  $2a$  – длина жесткого стержня, оборудованного двумя сцепленными автосцепками, для вагонов с типовой автосцепкой:  $2a = 2$  м – при сжатии и опрокидывании наружу кривой и

$2a = 1,8$  м – при растяжении и опрокидывании внутрь кривой.

Расчеты на устойчивость против опрокидывания показали, что устойчивость модернизируемого вагона обеспечивается, т. к. коэффициенты устойчивости превышают допускаемые величины 1,3 (наружу кривой) и 1,2 (внутри кривой).

Таким образом, выполненная работа позволяет сделать вывод, что модернизированный вагон для легковых автомобилей модели 11-479М, разработанный на базе двухъярусной платформы для легковых автомобилей модели 13-479, соответствует «Нормам...» [1], а полученные материалы могут быть использованы для строительства опытного образца и сертификации продукции.

#### Список литературы

1 Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). – М. : ГосНИИВ–ВНИИЖТ, 1996. – 317 с.

Получено 12.09.2006

**V. I. Senko, I. F. Pastuhov, S. V. Makeev, S. V. Mokrenko.** Modernization of the bilevel car.

In work are considered design and technological aspects to modernizations two tiers of the platform for passenger cars of the models 13-479. The Maded calculation to toughness and estimation quality move of the coach.

**Вестник Белорусского государственного университета транспорта: Наука и транспорт. 2007. № 1–2(14–15)**

УДК 629.4

*И. Л. ЧЕРНИН, кандидат технических наук А. В. ПИГУНОВ, кандидат технических наук, А. В. ПУТЯТО, кандидат технических наук, Н. Г. СЕНЬКО, научный сотрудник, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

## РАЦИОНАЛЬНЫЕ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ КУЗОВОВ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ

Отражены актуальные вопросы дальнейшего совершенствования конструкций используемого железнодорожного подвижного состава. Приведено описание новых технических решений, направленных на повышение прочности и надежности основных типов кузовов грузовых вагонов. Даны описания новых конструкций крышек разгрузочных люков полувагонов, бортов универсальных платформ, изготовление которых возможно из листового металлопроката путем свободной гибки фасонных усиливающих частей элементов жесткости металлических листов обшивки, что является первым приближением к использованию на предприятиях бесштамповой технологии изготовления элементов металлоконструкций кузовов грузовых вагонов. Представлено направление совершенствования элементов конструкций наливного подвижного состава, заключающееся в повышении надежности узлов крепления котла к раме и универсальных сливных приборов. Повышение надежности сливных приборов заключается в реализации в существующей конструкции независимого тройного запираения сливного отверстия в корпусе упомянутого устройства для нижнего слива перевозимых наливных грузов из котлов. Представленные конструкторско-технические работы, выполненные в ОНИЛ «ТТОРЕПС», полностью направлены на решение насущных задач службы вагонного хозяйства Белорусской железной дороги и обеспечивают повышение безопасности движения при перевозках грузов.

**У**скорение экономического развития страны является важнейшей задачей для всех отраслей промышленности, транспорта. База такого ускорения – научно-технический прогресс, интенсификация производства, повышение его технического, технологического и экономического уровня. Интенсификация перевозочного процесса предусматривает широкое развитие тяжеловесного движения, увеличение скоростей движения, комплексную механизацию производственных про-

цессов, всемерное совершенствование железнодорожного подвижного состава.

Вопросы улучшения технических характеристик подвижного состава остаются крайне важными. Несмотря на проводимое оснащение железнодорожного транспорта новыми локомотивами, грузовыми и пассажирскими вагонами, проблема технического обновления рабочего парка вагонов является актуальной. Железные дороги получают вагоны большей грузоподъемности и вместимо-

сти, многие из них специализированы. Это способствует большей загрузке вагонов, повышению уровня перевозочной работы, сокращению затрат труда на погрузочно-разгрузочные операции, увеличению веса поездов.

Необходимо, чтобы вагоностроительные заводы осваивали массовое производство большегрузных полувагонов повышенной прочности, цистерн для перевозки наливных грузов, крытых вагонов. Поставки железнодорожному транспорту промышленностью новой техники, отвечающей современным требованиям, постоянно должны увеличиваться. Вместе с тем многое можно и нужно делать на имеющихся вагоноремонтных заводах, в вагонных колесных мастерских, вагонных депо и на других предприятиях железнодорожного транспорта и промышленности.

Особо необходимо отметить важность увеличения надежности подвижного состава. Из-за того, что она не всегда на высоте, железнодорожный транспорт несет значительные потери. Это вынуждает идти на большие неоправданные затраты труда в ремонтном производстве и в эксплуатации.

Техническое обновление транспортных средств в сочетании с широким внедрением принципиально новых, прогрессивных технологий, коренным совершенствованием вагоноремонтного производства и вагоностроения – основной путь к самым высоким в мире рубежам по производительности труда и в решении главной задачи по обеспечению полного и своевременного удовлетворения потребностей хозяйства в железнодорожных перевозках. Безусловно, приоритетной задачей текущего периода и на перспективу является совершенствование конструкции грузового и пассажирского железнодорожного подвижного состава. Проблема снижения рисков и повышения безопасности движения при перевозках железнодорожным транспортом требует нахождения оптимальных решений по созданию и совершенствованию составных элементов металлоконструкций кузовов вагонов, их технологичности. Каждая конструкция должна обеспечивать: уменьшение расходов на текущее содержание подвижного состава за счет увеличения межремонтного пробега грузовых вагонов в эксплуатации; повышение безопасности движения поездов путем увеличения технического ресурса основных сборочных узлов вагонов, комплектующих деталей и подвижного состава в целом; интенсификацию производства.

Важнейшим показателем интенсификации вагоносборочного и ремонтного производств, их эффективности является производительность труда исполнителей работ. Работать производительно – минимум времени тратить на выполнение каждой операции установленного технологического процесса. И здесь огромное значение имеют эффективные научно-технические решения, позволяющие сократить затраты труда на основные сборочные операции, диагностику и контроль ка-

чества выпускаемой продукции.

Исходя из указанной выше необходимости решения задач по дальнейшему развитию железнодорожного транспорта, в отраслевой научно-исследовательской лаборатории «Технические и технологические оценки ресурса единиц подвижного состава» (ОНИЛ «ГТОРЕПС») Белорусского государственного университета транспорта проводятся работы по изысканию эффективных конструктивных и технологических решений, освоению прогрессивных технологий, совершенствованию процессов изготовления и ремонта грузовых и пассажирских вагонов для повышения безопасности движения поездов, интенсификации производства, повышению производительности труда.

Выполненные разработки показали, что при высокой производительности труда, экономии материальных и энергетических ресурсов можно изготавливать готовые детали различной конфигурации (с допустимой погрешностью) из листового металлопроката путем свободной гибки фасонных усиливающих частей элементов жесткости металлических листов обшивки элементов кузовов вагонов. Это направление в технологии вагоностроения, вагоноремонта и изготовления запасных частей подвижного состава является первым приближением к использованию на предприятиях бесштамповой технологии изготовления элементов металлоконструкций кузовов полувагонов, платформ и др. Изготовление гофрированных металлических листов обшивки кузовов вагонов требует использования дорогостоящих штампов, а наличие гофрированных элементов кузова значительно усложняет ремонтное производство и изготовление запасных сменных частей кузовов грузовых вагонов. Последнее оказывает негативное влияние на эксплуатацию железнодорожного подвижного состава при отсутствии в Республике Беларусь предприятий вагоностроения. Следует учитывать, что в ремонтной практике непременно должен решаться вопрос равнодолговечности элементов конструкций. Например, технические решения по конструкции крыш вагонов, используемые при проведении капитального ремонта с продлением срока службы вагонов, из гладких листов металла толщиной 3 мм с продольными элементами жесткости из металлопроката не оправдали себя на практике. Гофрированную тонколистовую металлическую обшивку восстанавливаемых крыш более целесообразно заменять на обшивку из листов 1,5 мм, снабженных гнутыми элементами продольной жесткости, выполненными из полотна используемого листа. Это позволяет обеспечить требуемую продольную устойчивость конструкции, экономию металла и реализовать принцип обеспечения равнодолговечности имеющихся отремонтированных элементов кузова и вновь изготовленной крыши при проведении ремонта вагона в депо.

Указанное принципиальное техническое реше-

ние использовано при конструировании крышек разгрузочных люков полувагонов, бортов универсальных платформ. Новизна и полезность выполненных разработок ОНИЛ «ТТОРЕПС» подтверждаются патентами Республики Беларусь [1-3].

В конструкции крышки разгрузочного люка полувагона содержится металлическое полотно обшивки, подкрепленное коробчатыми элементами продольной и поперечной жесткостей и выполненное из двух смежно расположенных по отношению друг к другу гладких металлических листов. Указанные листы со стороны их прилегания друг к другу изготовлены в виде открытых коробчатых профилей, выгнутых из части основного листа, при этом последние размещены оппозитно и образуют усиливающий продольный элемент замкнутого коробчатого сечения в средней части полотна крышки люка. Задняя часть полотна снабжена поперечной усиливающей балкой гнутого профиля. Таким образом, в конструкции крышки разгрузочного люка полувагона создается замкнутая несущая рама, выполненная в виде взаимно перпендикулярных трех продольных и трех поперечных усиливающих элементов коробчатого профиля [1]. Представленная конструкция крышки разгрузочного люка принята к производству для изготовления опытного образца нового полувагона модели 12-9763 на предприятии совместного закрытого акционерного общества «Могилевский вагоностроительный завод» (Республика Беларусь).

Борт универсальной 4-осной платформы [2] предлагается изготавливать с металлической обшивкой, выполненной из двух продольных гладких металлических листов с отогнутыми боковыми продольными ребрами, образующими швеллерообразный профиль в поперечном сечении каждого гнутого листа. Указанные листы соединены между собой с помощью электросварки оппозитно с относительным поперечным смещением вдоль наибольших сторон упомянутых гнутых профилей. Таким образом, образуется замкнутый коробчатый усиливающий элемент по всей длине борта в средней части последнего по его высоте. Второе отогнутое ребро каждого из гнутых листов обшивки подгибается к основному металлу для образования гнутого замкнутого (прямоугольного, квадратного, треугольного) профиля продольного усиливающего элемента в верхней и нижней частях по высоте собранного борта. Продольные (средний, верхний и нижний) усиливающие коробчатые элементы борта соединены между собой вертикальными элементами жесткости в виде отрезков гнутых швеллеров в местах поперечного расположения петель шарнирных соединений борта с рамой платформы, а на торцах полученного составного борта закреплены электросваркой накладки [2]. Могут использоваться в указанной конструкции и вспомогательные вертикальные ребра жесткости вдоль борта в промежутках между петлями.

При транспортировке липких грузов (например, белой глины и др.) на универсальных железнодорожных платформах остаются остатки упомянутых грузов в штампованных открытых элементах листовой обшивки после выгрузки, что требует выполнения дополнительных трудоемких работ по зачистке бортов. Решалась задача повышения прочности и надежности бортов универсальных 4-осных платформ, снижения металлоемкости конструкции, облегчения выгрузки перевозимых грузов [3]. Технический результат достигается за счет того, что для изготовления продольного борта платформы используются три геометрически подобные части металлической обшивки в виде прямоугольных гладких листов. Каждый из них имеет вдоль одной из короткой стороны (по высоте борта платформы) выгнутый швеллерообразный профиль. Дополнительно используют один прямоугольный гладкий лист без упомянутого гнутого профиля. При смещении выгнутой части первого гнутого листа с одним концом рядом расположенного прямоугольного гладкого листа образуется вертикальный элемент поперечной жесткости обшивки с замкнутым коробчатым сварным профилем. Противоположный конец задействованного гладкого листа перекрывает выгнутый профиль следующего за ним второго гнутого листа, а гладкая часть последнего закрывает выгнутую часть следующего третьего гнутого листа обшивки продольного борта. Такое соединение гнутых металлических листов по длине борта платформы позволяет получать составную обшивку с гладкой внутренней стороной и тремя наружными коробчатыми элементами поперечной жесткости в местах расположения петель крепления. В нижней и верхней частях обшивки, составленной из четырех листов, жестко закрепляются с помощью электросварки с наружной ее стороны элементы жесткости в виде гнутых продольных швеллеров.

Представляется возможным изготовление продольных стен кузовов грузовых вагонов с вертикальными стойками с переменным моментом сопротивления в поперечных их сечениях по направлению от нижнего обвязочного угольника к верхней обвязке кузова. Подана заявка на патент Республики Беларусь на изобретение по предложенному техническому решению.

Мировой практикой накоплен богатый опыт в создании железнодорожного подвижного состава для перевозки наливных грузов. Несмотря на это, в эксплуатации выявляются неисправности, свидетельствующие о том, что работающие в настоящее время на железных дорогах СНГ и стран Балтии 4-осные вагоны-цистерны для перевозки наливных грузов требуют совершенствования их конструктивных элементов. В ОНИЛ «ТТОРЕПС» предложено конструктивное изменение крепления котла в средней его части к раме вагона-цистерны, новизна и целесообразность использования которого подтверждается патентом Республики Беларусь на

полезную модель [4]. Данное техническое решение позволяет обеспечить значительное (до 40 %) снижение величины эквивалентных напряжений в местах соединения фасонных лап крепления с хребтовой балкой рамы вагона-цистерны.

К часто встречающимся неисправностям вагонов-цистерн следует отнести ослабления и обрывы стяжных хомутов крепления котлов в консольных их частях. Одной из причин обрыва хомутов является скручивание поясов при подтяжке гаек их крепления к раме. Силы трения в резьбовой паре винт – гайка при отсутствии смазки и возникновении фреттинг-коррозии превосходят расчетные значения в несколько раз, обуславливают возникновение остаточных деформаций, которые приводят к обрыву пояса хомута. Разработана новая конструкция предохранительного устройства от скручивания [5] металлических поясов креплений консольных частей котла к раме при затяжке резьбовых соединений наконечников стяжных хомутов.

Разработанные конструкции по совершенствованию используемого подвижного состава для транспортировки наливных грузов обеспечивают повышение надежности парка вагонов-цистерн и безопасности движения поездов при осуществлении перевозочного процесса по железным дорогам.

Особое внимание в работе ОНИЛ «ТТОРЕПС» уделяется повышению надежности герметизации используемых универсальных сливных приборов котлов вагонов-цистерн. Разработаны конструкции [6, 7], обеспечивающие осуществление (дополнительно к двум имеющимся герметизирующим элементам в используемом универсальном сливном приборе) третьей ступени перекрытия проходного отверстия устройства для нижнего слива перевозимого груза из котла вагона-цистерны при его модернизации.

Используется дополнительный ступенчатый поршень, снабженный кольцевым уплотнением, скрепленный соосно по торцу меньшей своей ступени неподвижно и герметично с имеющейся ступенчатой круглой наружной крышкой сливного прибора. Кольцевое уплотнение размещено на цилиндрической поверхности большей ступени дополнительного поршня, а сам дополнительный ступенчатый поршень установлен внутри нижней цилиндрической части корпуса сливного прибора [6].

Дальнейшей разработкой лаборатории является реализация в существующей конструкции универсального сливного прибора вагонов-цистерн

независимого тройного запирающего [7] сливного отверстия в корпусе упомянутого устройства для нижнего слива перевозимых наливных грузов из котлов.

Представленные выше конструкторско-технические работы, выполненные в ОНИЛ «ТТОРЕПС», полностью направлены на решение насущных задач службы вагонного хозяйства Белорусской железной дороги, одним из основных установленных направлений деятельности которой (службы) является разработка и реализация мероприятий по модернизации вагонов, продлению сроков службы подвижного состава и его деталей.

#### Список литературы

- 1 Пат. 1786 Республика Беларусь, МПК<sup>7</sup> В 61D 7/14. Крышка разгрузочного люка полувагона / Сенько В. И., Чернин И. Л., Пигунов А. В.; заявитель и патентообладатель Белорус. гос. ун-т трансп. – № и20040199 ; заявл. 26.04.04 ; опубл. 30.03.05, Афіц. бюл. № 1(44) / Дзярж. пат. кам. Рэсп. Беларусь. – 2 с. : ил.
- 2 Пат. 2091 Республика Беларусь, МПК<sup>7</sup> В 61D 3/00. Борт откидной железнодорожного вагона-платформы / Сенько В. И., Чернин И. Л., Пигунов А. В., Сенько Н. Г.; заявитель и патентообладатель Белорус. гос. ун-т трансп. – № и20050024 ; заявл. 24.01.05 ; опубл. 30.09.05, Афіц. бюл. № 4(47) / Дзярж. пат. кам. Рэсп. Беларусь. – 2 с. : ил.
- 3 Пат. 2358 Республика Беларусь, МПК<sup>7</sup> В 61D 3/00. Борт железнодорожного вагона-платформы / Сенько В. И., Чернин И. Л., Пигунов А. В., Сенько Н. Г.; заявитель и патентообладатель Белорус. гос. ун-т трансп. – № и20050062 ; заявл. 11.02.05 ; опубл. 30.12.05, Афіц. бюл. № 4(47) / Дзярж. пат. кам. Рэсп. Беларусь. – 2 с. : ил.
- 4 Пат. 2429 Республика Беларусь, МПК<sup>7</sup> В 61D 5/00. Крепление котла на раме вагона-цистерны / Сенько В. И., Пуятю А. В.; заявитель и патентообладатель Белорус. гос. ун-т трансп. – № и20050013 ; заявл. 13.01.05 ; опубл. 28.02.06, Афіц. бюл. № 1(48) / Дзярж. пат. кам. Рэсп. Беларусь. – 1с. : ил.
- 5 Пат. 3011 Республика Беларусь, МПК<sup>7</sup> В 61D 5/06. Устройство для предохранения от скручивания стяжного хомута / Чернин И. Л., Пуятю А. В., Пигунов А. В.; заявитель и патентообладатель Белорус. гос. ун-т трансп. – № и20060150 ; заявл. 06.03.06 ; опубл. 30.08.06, Афіц. бюл. № 4(51) / Дзярж. пат. кам. Рэсп. Беларусь. – 2 с. : ил.
- 6 Пат. 2615 Республика Беларусь, МПК<sup>7</sup> В 61D 5/00, 17/00, В 65D 47/00. Сливной прибор вагона-цистерны / Сенько В. И., Чернин И. Л., Пигунов А. В., Пуятю А. В., Белогуб В. В.; заявитель и патентообладатель Белорус. гос. ун-т трансп. – № и20050567 ; заявл. 27.09.05 ; опубл. 30.04.06, Афіц. бюл. № 2(49) / Дзярж. пат. кам. Рэсп. Беларусь. – 2 с. : ил.
- 7 Пат. 2970 Республика Беларусь, МПК<sup>7</sup> В 61D 5/00, В 65D 47/00. Сливной прибор железнодорожной цистерны / Сенько В. И., Чернин И. Л., Пигунов А. В., Пуятю А. В., Белогуб В. В.; заявитель и патентообладатель Белорус. гос. ун-т трансп. – № и20060074 ; заявл. 13.02.06 ; опубл. 30.08.06, Афіц. бюл. № 4(51) / Дзярж. пат. кам. Рэсп. Беларусь. – 2 с. : ил.

Получено 12.09.2006

**I.L. Charnin, A. V. Pigunov, A. V. Putiato, N. G. Senko.** Rational constructions bodies of freight cars.

Pressing questions of the further perfection of designs of a used railway rolling stock are reflected. The description of the new technical decisions directed on increase of durability and reliability of the basic types of bodies of freight cars is resulted. Descriptions of new designs of covers of unloading hatches of gondolas are resulted, boards of the universal platforms which manufacturing is possible from sheet metal rolling by free are flexible shaped strengthening pans of elements of rigidity of metal sheets of a covering that is the first approach to use at the enterprises of technology without use of a stamp of manufacturing of elements of designs of bodies of freight cars. The direction of perfection of elements of designs of the bulk rolling stock, consisting in increase of reliability of knots of fastening of a copper to a frame and universal drain devices is presented. Increase of reliability of drain devices consists in realisation in an existing design of independent threefold lock-out of a drain aperture in the case of the mentioned device for bottom plum of transported bulk cargoes from coppers. The presented works executed in in laboratory of university, are completely directed on the decision of essential problems of service of a carload economy of the Belarus railway and provide traffic safety increase at transportations of cargoes.