

БЕЗОПАСНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

УДК 629

В. И. СЕНЬКО, доктор технических наук, И. Л. ЧЕРНИН, кандидат технических наук, А. В. ПИГУНОВ, кандидат технических наук, Р. И. ЧЕРНИН, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

К ВОПРОСУ ОЗДОРОВЛЕНИЯ ПАРКА ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ И ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ

Приведен обзор результатов разработок, направленных на решение проблемы оздоровления парка грузовых вагонов Белорусской железной дороги, а также на повышение безопасности движения поездов путём совершенствования процессов сборки-демонтажа внутренних колец буксовых подшипников колёсных пар вагонов.

Оздоровление парка железнодорожного подвижного состава продиктовано требованиями безопасности движения, ежегодно возрастающей конкуренцией на рынке транспортных услуг, экономической целесообразностью. Для условий работы Белорусской железной дороги эти вопросы были и продолжают оставаться актуальными.

Проблема оздоровления парка подвижного состава может быть решена несколькими путями: закупкой новых вагонов, что требует значительных капитальных затрат и хорошо продуманного плана закупок тех типов вагонов, использование которых принесёт максимальный экономический эффект; проведением модернизации используемых вагонов и переоборудованием малоиспользуемых типов вагонов в те, которые необходимы дороге для удовлетворения спроса на перевозки. Первый вариант решения проблемы дорогой и долгосрочный. Более перспективным в соотношении «цена – результат» представляется разработка других вариантов оздоровления парка, увеличение долговечности конструкций грузовых вагонов как одной из основных задач не только в вагоностроении, но и в вагоноремонтном производстве.

В технических мероприятиях по модернизации парка подвижного состава основная роль отводится совершенствованию конструкций в целом и улучшению отдельных сборочных единиц вагонов. Все вагоны должны пройти тщательный технический контроль, за которым должно следовать рациональное оснащение их усиленными элементами. Для обеспечения оптимальной эксплуатации вагонов важно предусмотреть в их конструкции рациональное изготовление, доступность и лёгкость при ремонте с минимальными трудовыми, энергетическими и материальными затратами. Это хорошо усматривается на примере четырёхосных полувагонов и универсальных платформ в отношении восстановления комплектности пришедших в негодность крышек разгрузочных люков, торцовых дверей и откидных бортов. Рациональное конструктивное исполнение указанных сборочных единиц грузовых вагонов позволяет сократить затраты на их изготовление, снизить стоимость продукции и массу потребляемых изделий, а также время восстановления работоспособного состояния.

Один из основных элементов кузовов используемых вагонов – гофрированная металлическая обшивка – отличается негативными особенностями: характер напряжённо-деформированного состояния (НДС) гофров существенно влияет на несущую способность обшивки по критерию прочности и устойчивости (в вершинах гофров напряжения существенно отличаются от напряжений в прилегающих к ним плоских участках обшивки); технологические особенности и сложность изготовления гофрированных элементов, наличие соответствующих мощностей прессового оборудования, разнообразие штампов и пр.

При замене непригодных по техническому состоянию элементов кузовов на вагоноремонтных предприятиях не представляется возможным изготовление гофрированных листов металлической обшивки при восстановлении грузовых вагонов. Прибегают к постановке на вагон гладких металлических листов с увеличенной толщиной, подкреплённых элементами жёсткости из металлопроката, при этом металлоёмкость таких конструкций неоправданно увеличивается.

Более предпочтительными как с точки зрения изготовления, так и эксплуатации являются гладкие листы с гнутосварными профилями жёсткости из основного металла листа обшивки, позволяющие изготавливать равнопрочные и надёжные металлоконструкции. Данное техническое решение позволяет использовать имеющееся технологическое оборудование вагоноремонтных и промышленных предприятий (гибка листов на универсально-гибочных прессах с узкими и длинными станинами) для одно- или двухсторонней отбортовки гладких используемых листов с целью образования при сборке изделия составных коробчатых элементов усиления обшивки при жёстком скреплении электросваркой её листов по месту их установки.

В Белорусском государственном университете транспорта разработаны новые конструктивные решения по металлоконструкциям кузовов грузовых вагонов [1–4], в которых используются упомянутые гнутые фасонные листовые элементы, заменяющие гофрированные металлические листы обшивки и прокатные профили. Конструктивными особенностями разработанных (ОНИЛ «ТТОРЕПС») новых конструкций крышек разгрузочных люков полувагонов и откидных бортов четырёхосных универсальных платформ (рисунки 1, 2)

является использование металлической обшивки из гнутых листов. Гнутые профили образуются при совместном жёстком скреплении друг с другом при помощи электросварки коробчатых усиливающих элементов поперечной и продольной жёсткости (получены патенты Республики Беларусь на полезные модели BY 1786 U, BY 2091 U, BY 2358 U, BY 3566 U).

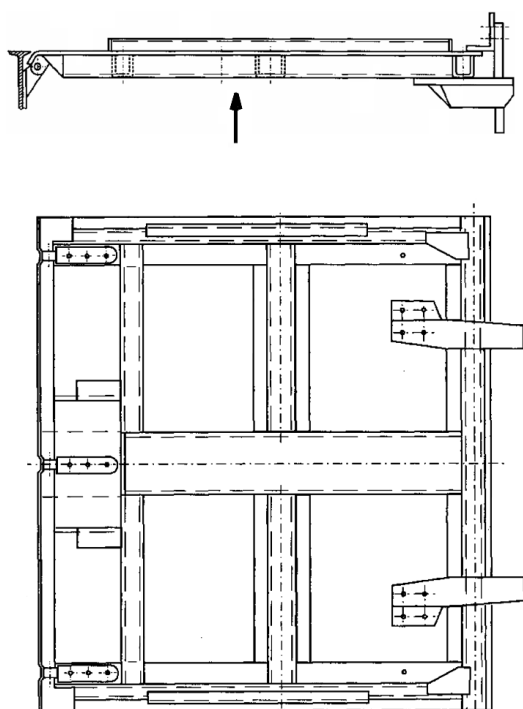


Рисунок 1 – Общий вид разработанной конструкции крышки разгрузочного люка полувагона (патент BY 1786 U)

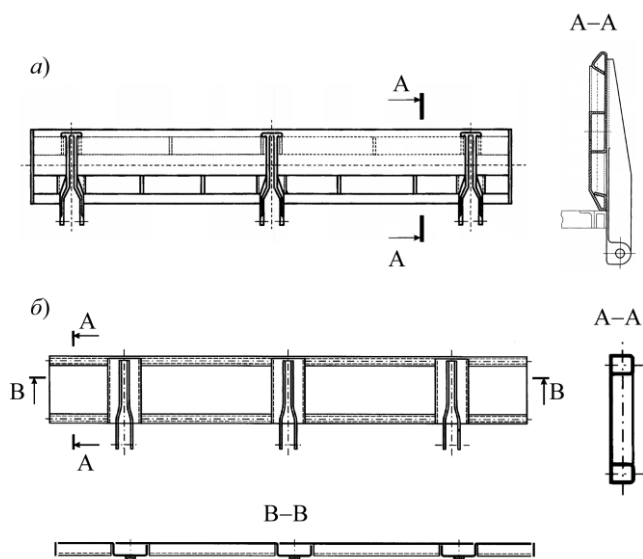


Рисунок 2 – Общий вид продольного борта вагона-платформы:
а – патент BY 2091 U; б – патент BY 2358 U

Кроме снижения затрат на изготовление и ремонт продольных и поперечных бортов железнодорожных платформ при использовании разработанных конструкций снизятся и эксплуатационные затраты, вызванные необходимостью очистки бортов от налипшего во впадинах гофров перевозимого груза.

Разработана и запатентована конструкция торцевой стены полувагона (рисунок 3). В отличие от известных конструктивных вариантов данная конструкция обладает повышенной прочностью и меньшей массой за счёт использования поперечных и продольных элементов жёсткости, выполненных в виде коробчатых профилей из гнутых листов, жёстко соединённых сваркой.

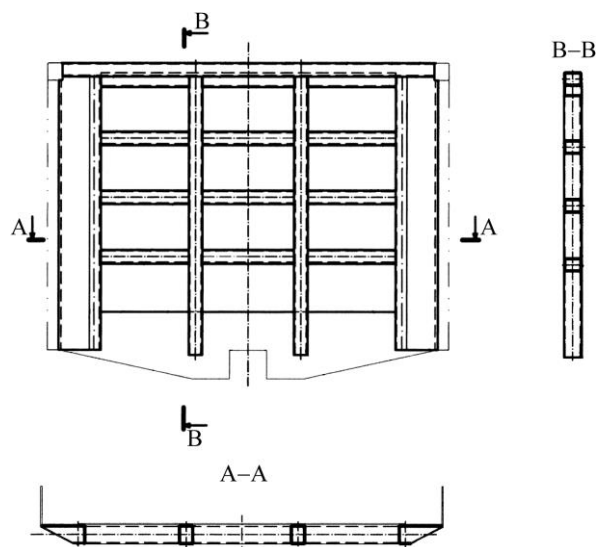


Рисунок 3 – Общий вид торцевой стены полувагона (патент BY 3566 U)

Существующие варианты крепления листовой подшивки крыши крытого вагона отличаются повышенной металлоёмкостью конструкции и неудобством крепления при осуществлении ремонта. Для устранения указанных недостатков разработаны варианты крепления листовой обшивки крыши [5, 6], представленные на рисунке 4.

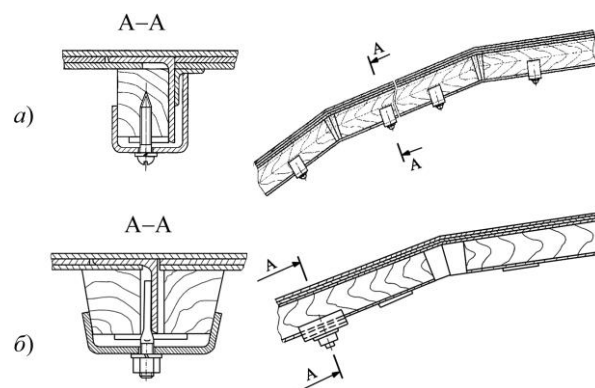


Рисунок 4 – Разработанные варианты крепления внутренней листовой подшивки крыши крытого вагона:
а – патент BY 981 U; б – патент BY 4008 U

По требованиям международных перевозок в страны Западной Европы необходимо обеспечивать тройное запирание сливных приборов вагонов-цистерн для перевозки нефтеналивных грузов, так как применяемые конструкции с двойным запиранием не исключают возможности течи пожароопасного груза. Это требует поставки нового подвижного состава для наливных грузов и модернизации существующих сливных приборов на применяемых железнодорожных цистернах.

В лаборатории ОНИЛ «ТТОРЕПС» разработаны варианты модернизации сливного прибора [7, 8], представленные на рисунке 5, которые позволяют при незначи-

тельных изменениях конструкции в условиях грузовых вагонных депо произвести модернизацию и повысить надёжность используемого подвижного состава.

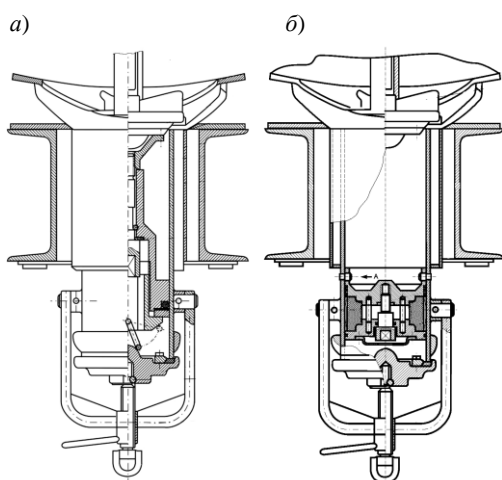


Рисунок 5 – Разработанные варианты модернизации сливных приборов железнодорожных вагонов-цистерн:
а – патент BY 2970 U; б – патент BY 3286 U

В конструкции железнодорожных вагонов-цистерн для предотвращения вертикальных и поперечных перемещений котлов используются стяжные хомуты. В эксплуатации довольно часто наблюдается ослабление крепления стяжных хомутов. В нормативной документации по изготовлению и ремонту вагонов-цистерн внесено требование, по которому конструкция хомута крепления котла на раме должна исключать его скручивание в эксплуатации. Получено техническое решение [9], общий вид которого представлен на рисунке 6.

Разработанная конструкция позволяет не только предохранить от скручивания стяжного хомута, но и снизить металлоёмкость устройства.

В существующих экономических условиях переоборудование маловостребованных типов вагонов в вагоны повышенного спроса является одним из вариантов оздоровления парка вагонов и повышения конкурентоспособности Белорусской железной дороги на рынке транспортных услуг. Исследования в области мотивации и стратегии переоборудования подвижного состава показали, что оно не препятствует созданию новых вагонов и является дополняющим фактором повышения конкурентоспособности.

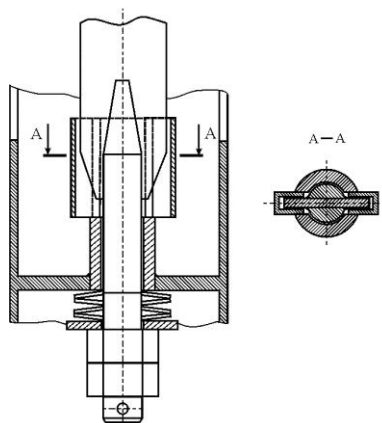


Рисунок 6 – Общий вид устройства для предохранения от скручивания стяжного хомута (патент BY 3011 U)

Выполнены разработки (рисунки 7, 8) по переоборудованию двух типов вагонов, невостребованных в перевозках: бункерного вагона для перевозки битума в вагон-лесовоз [10] и глухонного полувагона в весопроверочную мастерскую [11]. Результаты разработок, защищенные патентами на изобретения Республики Беларусь и Российской Федерации, позволили исключить необходимость в закупке новых лесовозов и весопроверочных вагонов.

Одним из приоритетных направлений в деятельности железнодорожного транспорта является система управления безопасностью движения на железных дорогах. На первом этапе её реализации разрабатываются технические мероприятия по управлению качеством изготовления и ремонта. Основными причинами нарушения безопасности движения и особенно сходов вагонов являются неисправности их ходовых частей [12]. Декларируемые в настоящее время решения о переводе на высокие осевые нагрузки требуют весьма тщательного технического обоснования при системном подходе к проблеме и, в первую очередь, разработки достоверной оценки несущей способности пресосовых соединений колёсных пар при изготовлении и ремонте грузовых вагонов.

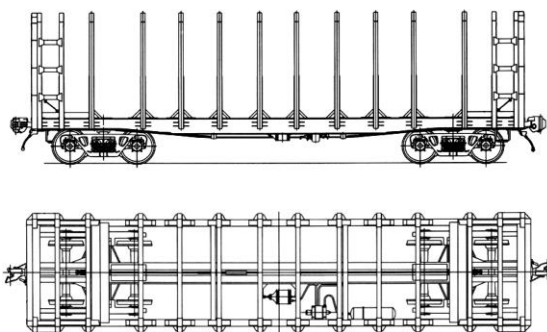


Рисунок 7 – Общий вид вагона-лесовоза, переоборудованного из бункерного вагона для перевозки битума (патент BY 16868 C1)

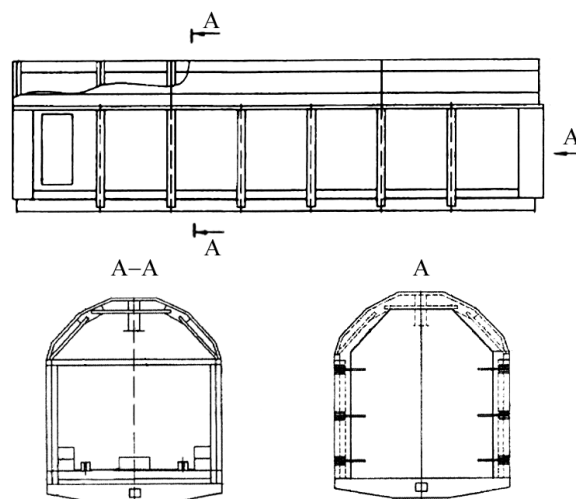


Рисунок 8 – Общий вид весопроверочного вагона, переоборудованного из глухонного полувагона (патент BY 16830 C1)

Актуальность вопроса определяется тем, что обеспечение безопасности подвижного состава напрямую зависит от применяемых новых технических решений по контролю прочности получаемых соединений с гарантированным натягом колёсных пар.

Соединённые с натягом детали трудно поддаются демонтажу в результате хорошего геометрического замыкания между их поверхностями контакта, имеет место высокая стабильность сопряжения. Вместе с тем между скрепляемыми путём механической запрессовки и тепловой сборки деталями указанных цилиндрических соединений (продольно- и поперечно-прессовых) из-за наличия шероховатостей и отклонений от цилиндричности их контактирующих поверхностей неизбежно присутствуют промежуточные пространства в стыке соединяемых частей. Даже в случае формирования посадки из деталей с наилучшим качеством изготовления (микро- и макрогеометрией) может иметь место действительный контакт поверхностей порядка 25 %. Если не удастся устранить наличие упомянутых промежуточных пространств, прочность соединения может уменьшиться в результате воздействия напряжений от воспринимаемой нагрузки, вибрации, износа, трения и контактной коррозии. Для преодоления этих трудностей при конструировании необходимо, несмотря на дополнительные расходы, назначать более узкие допуски на обработку и прибегать к использованию дополнительных средств фиксации и механического крепления детали.

Случаи разрушения соединений с гарантированным натягом колёсных пар вагонов в эксплуатации свидетельствуют, что и процессы сборки напрессовок, и способы контроля качества сборки (прочности напрессовки) требуют всемерного совершенствования. Это подтверждается практикой изготовления и эксплуатации колёсных пар вагонов с буксовыми узлами на подшипниках качения, а также результатами многочисленных экспериментальных и теоретических исследований. Проблема всестороннего совершенствования сборки-разборки продольно- и поперечно-прессовых соединений колёсных пар рельсового транспорта является актуальной. Это направление можно рассматривать как одно из технических мероприятий по управлению материальными ресурсами в вагонном хозяйстве железнодорожного транспорта. Колёсные пары вагонов относятся к тем рельсовым комплексам, которые не только требуют оптимизации издержек, рационализации процессов производства и сопутствующего обслуживания на предприятиях изготовления продукции, предприятиях вагонного хозяйства железных дорог, но и определяют безопасность движения транспорта.

Буксовые узлы колёсных пар являются чрезвычайно ответственными элементами ходовых частей вагонов, а система контроля прочности напрессовки колец роликовых подшипников на шейки осей (в вагоностроении и при ремонте вагонов) далека от совершенства. Те нормативы, на которые ссылаются исполнители механосборочных работ согласно требованиям ТНПА, по сути, не выдерживают критики. Это касается, прежде всего, тех случаев, когда прошедшие выходной контроль при изготовлении или ремонте колёсные пары вагонов вызывают отказы в эксплуатации по причине ослабления посадки с натягом колец подшипников на шейке оси или из-за разрыва этих колец при завышенном уровне их напряжённо-деформированного состояния при формировании соединений буксовых узлов. Известные способы оценки прочности напрессовки колец в производственных условиях не обеспечивают достижения высокого уровня надёжности железнодорожного грузового и

пассажирского подвижного состава, не исключают возможности проворачивания колец подшипников и разрушения их в эксплуатации. Необходима реализация более эффективных технических средств и совершенствование технологии механосборочных процессов для достижения более высокого уровня качества изготовления и ремонта роликовых колёсных пар грузовых и пассажирских вагонов.

В направлении более широкого использования технологических методов повышения надёжности ходовых частей вагонов в отраслевой научно-исследовательской лаборатории «ТТОРЕПС» БелГУТа проводится целенаправленная работа по созданию эффективных средств неразрушающего контроля для повышения достоверности оценки прочности соединений с гарантированным натягом колёсных пар при тепловом формировании соединений колец буксовых подшипников с шейками осей и соединений с гарантированным натягом, получаемых механической запрессовкой. Разработаны новые способы контроля прочности и устройства для его осуществления с использованием гидропрессовки соединений, позволяющие исключить неправильную сборку по величине натяга соединений вагонных колёсных пар при формировании и ремонте [13,14] (рисунок 9).

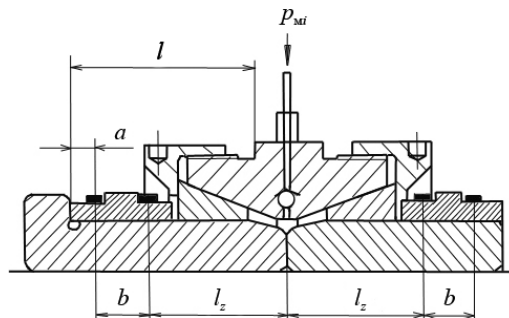


Рисунок 9 – Общий вид устройства для реализации разработанного метода неразрушающего контроля прочности напрессовки внутренних колец буксовых подшипников на шейки осей колёсных пар вагонов (патенты ВУ 13116 С1, RU 2329478 С1)

Разрабатывается гидрофицированная технологическая оснастка для диагностического комплекса неразрушающего контроля по прочности соединений с натягом колёсных пар вагонов, получены четыре патента Республики Беларусь и Российской Федерации на изобретения по устройствам для контроля и разборки соединений колец подшипников с шейками осей при использовании технологической опрессовки сопряжения деталей высоким давлением жидкой минеральной смазки, нагнетаемой в зону контакта поверхностей с торца охватываемой детали посадки. Результаты проведенных экспериментов подтверждают эффективность и целесообразность использования предложенных технических решений.

В промышленном производстве применяется способ оценки прочности на сдвиг колец подшипников по величине замеряемого перед сборкой натяга, заключающийся в определении разности величин диаметров посадочных поверхностей охватываемой и охватываемой деталей перед сборкой (входной контроль), а также контроля прочности напрессовки колец на проворачивание на шейке оси, известно использование ультразвукового и акустического методов контроля прочности напрессовки деталей (выходной контроль).

Разработан способ прямого выходного контроля на относительный сдвиг напрессованного на шейку оси кольца подшипника (патенты на изобретения RU 2476839 C1, BY 16673 C1) и устройств для его осуществления (рисунок 10). Применение предложенного способа технической диагностики [15] основано на наличии корреляционной зависимости прочностных характеристик всего прессового узла от контактного давления в сформированном соединении с гарантированным натягом.

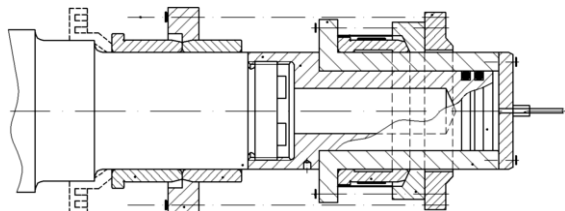


Рисунок 10 – Общий вид устройства для реализации контроля прочности на относительный сдвиг напрессованных внутренних колец буксовых подшипников на шейках осей колёсных пар вагонов (патент BY 7009 U)

Недостатком предложенного технического решения является необходимость в строгой фиксации относительного предварительного микросмещения сопряжённых деталей при испытании, обуславливающего возможность некоторого снижения прочности полученного сопряжения с натягом. Вместе с тем способ контроля прочности напрессовки колец подшипников на проворачивание кольца на шейке оси (относительное круговое смещение) ещё применяется в повседневной практике в вагоностроении и ремонтном производстве.

Задачей разработанных устройств по контролю прочности является повышение точности измерений и достоверности оценки НДС тепловых напрессовок «кольцо подшипника – шейка оси», удобство установки и снятия измерительного устройства, снижение металлоемкости конструкции и исключение повреждений рабочих поверхностей внутреннего кольца буксового подшипника.

Список литературы

- 1 Крышка разгрузочного люка полувагона : пат. 1786 Респ. Беларусь : В 61D 7/14 / В. И. Сенько, И. Л. Чернин, А. В. Пигунов; заявитель Белорус. гос. ун-т трансп. – № u 20040199; заявл. 26.04.2004; опубл. 30.03.2005 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2005. – № 2 (43). – С. 158.
- 2 Борт откидной железнодорожного вагона-платформы : пат. 2091 Респ. Беларусь : В 61 D 3/00 / В. И. Сенько, И. Л. Чернин, А. В. Пигунов, Н. Г. Сенько ; заявитель Белорус. гос. ун-т трансп. – № u 20050024; заявл. 24.01.2005; опубл. 30.09.2005 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2005. – № 3 (46). – С. 156.
- 3 Борт железнодорожного вагона-платформы : пат. 2358 Респ. Беларусь : В 61D 3/00 / В. И. Сенько, И. Л. Чернин, А. В. Пигунов, Н. Г. Сенько ; заявитель Белорус. гос. ун-т трансп. – № u 20050062; заявл. 11.02.2005; опубл. 30.12.2005 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2005. – № 4 (47). – С. 156.
- 4 Стена торцевая кузова полувагона : пат. 3566 Респ. Беларусь, В 61D 3/00, В 61D 17/00 / В. И. Сенько, И. Л. Чернин, А. В. Пигунов, А. В. Пулято ; заявитель Белорус. гос. ун-т трансп. – № u 20060756; заявл. 13.11.2006; опубл. 30.06.2007 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2007. – № 3 (56). – С. 191.

Получено 17.04.2013

V. I. Senko, I. L. Chernin, A. V. Pigunov, R. I. Chernin. To the question of improvement of park of freight cars and traffic safety increases.

The review of results of workings out directed on the decision of a problem improvement of park of goods' cars of the Belarus railway, and also on a safety increase of train movements by perfection of processes of assemblage-dismantle of internal rings axle box bearings of mounted axles of coaches is resulted.

- 5 Крепление внутренней неметаллической листовой подшивки крыши кузова вагона : пат. 981 Респ. Беларусь : В 61D 3/00, 17/00 / В. И. Сенько, И. Л. Чернин, И. Ф. Пастухов, В. В. Белогуб, Н. Г. Сенько ; заявитель Белорус. гос. ун-т трансп. – № u 20020409; заявл. 26.12.2002; опубл. 30.09.2003 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2003. – № 5 (37). – С. 176.

- 6 Крепление листовой подшивки крыши кузова вагона : пат. 4008 Респ. Беларусь : В 61D 3/00, В 61D 17/00 / В. И. Сенько, И. Л. Чернин, А. В. Пигунов, А. В. Пулято, В. В. Свириденко ; заявитель Белорус. гос. ун-т трансп. – № u 20070365; заявл. 11.05.2007; опубл. 30.10.2007 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2007. – № 5 (58). – С. 186–187.

- 7 Сливной прибор железнодорожной цистерны : пат. 2970 Респ. Беларусь : В 61D 5/00, В 65D 47/00 / В. И. Сенько, И. Л. Чернин, А. В. Пигунов, А. В. Пулято, В. В. Белогуб ; заявитель Белорус. гос. ун-т трансп. – № u 20060074; заявл. 13.02.2006; опубл. 30.08.2006 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2006. – № 4 (51). – С. 166–167.

- 8 Устройство для слива нефтепродуктов из железнодорожной цистерны : пат. 3286 Респ. Беларусь : В 61D 5/00, В 65 D 47/00 / В. И. Сенько, И. Л. Чернин, А. В. Пигунов, А. В. Пулято, В. В. Свириденко ; заявитель Белорус. гос. ун-т трансп. – № u 20070365; заявл. 12.05.2006; опубл. 28.02.2007 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2007. – № 1 (54). – С. 166.

- 9 Устройство для предохранения от скручивания стяжного хомута : пат. 3011 Респ. Беларусь : В 61 D 5/06 / И. Л. Чернин, А. В. Пулято, А. В. Пигунов ; заявитель Белорус. гос. ун-т трансп. – № u 20060150; заявл. 06.03.2006; опубл. 30.08.2006 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2006. – № 4 (51). – С. 167.

- 10 Способ перепрофилирования бункерного вагона для нефтебитума в платформу для перевозки лесоматериалов : пат. 16868 Респ. Беларусь : В 61D 3/16, В 61D 17/00 / В. И. Сенько, И. Л. Чернин, А. В. Пулято, Н. Г. Сенько, В. В. Белогуб ; заявитель Белорус. гос. ун-т трансп. – № u 20100246; заявл. 22.02.2010; опубл. 30.10.2011 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2013. – № 1 (90). – С. 76.

- 11 Способ перепрофилирования полувагона в весопроверочный вагон : пат. 16830 Респ. Беларусь : В 61D 15/00, В 61D 17/00 / В. И. Сенько, И. Л. Чернин, А. В. Пигунов, Р. И. Чернин, Н. Г. Сенько ; заявитель Белорус. гос. ун-т трансп. – № u 20100402; заявл. 16.03.2010; опубл. 30.10.2011 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2013. – № 1 (90). – С. 76–77.

- 12 **Цюренко, В. Н.** Эксплуатационная надёжность колёсных пар грузовых вагонов / В. Н. Цюренко // Железнодорожный транспорт. – 2002. – № 3. – С. 24–28.

- 13 Способ неразрушающего контроля прочности напрессовки колец подшипников на шейку оси колёсной пары и устройство для его осуществления : пат. 13116 Респ. Беларусь : В 23 P 11/02, G 01 L 1/20 / В. И. Сенько, И. Л. Чернин, Р. И. Чернин, Н. Г. Сенько ; заявитель Белорус. гос. ун-т трансп. – № u 20060353 ; заявл. 17.04.2006; опубл. 30.04.2010 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2010. – № 2 (73). – С. 70–71.

- 14 Способ неразрушающего контроля прочности напрессовки колец подшипников на шейку оси колёсной пары : пат. 2329478 Российской Федерации : МПК8 G01L 1/22 / В. И. Сенько, И. Л. Чернин, Р. И. Чернин, Н. Г. Сенько ; заявитель Белорус. гос. ун-т трансп. – № 2006134798/28 ; заявл. 02.10.2006; опубл. 20.07.2008. – Бюл. №20.

- 15 Устройство для контроля прочности на сдвиг и распрессовки колец подшипников колёсных пар : пат. 7009 Респ. Беларусь : В 23 P 11/02, В 23P 19/02, G 01L 1/22 / И. Л. Чернин, Р. И. Чернин, В. А. Руденок, Д. И. Костюков ; заявитель Белорус. гос. ун-т тр-та. – № u 20100634; заявл. 14.07.2010; опубл. 28.02.2011 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2011. – № 1 (78). – С. 178–179.