

УДК 629.4.027.2

КОНЦЕПТ ИННОВАЦИОННОЙ ТЕЛЕЖКИ ТРАМВАЙНОГО ВАГОНА С УМЕНЬШЕННЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ НА ПУТЬ

Хаусер В., Кравченко Е., Ноженко Е.

THE INNOVATIVE TRACKFRIENDLY TRAM BOGIE CONCEPTION

Hauser V., Kravchenko K., Nozhenko O.

При эксплуатации подвижного состава в условиях городского железнодорожного движения происходит значительное напряжение рельсового полотна, что приводит к возникновению и развитию дефектов геометрии пути, износу головок рельс, увеличению ширины колеи и, соответственно, увеличению силового воздействия в контакте колесо-рельс. Описываемая ситуация является логическим результатом эксплуатации вагонов, конструкции тележек которых не предназначены для специфических условий городского движения. В статье описана предлагаемая авторами концепция инновационной тележки для условий городского движения. Разработанная тележка отличается закреплением рамы на две колёсные пары только через три буксовые узла. Конструкция тележки содержит механизм радиальной установки колёсных пар. Оценку концепции инновационной тележки проведено с помощью имитационного моделирования кинематики тележки и динамики движения вагона. Согласно полученных результатов предлагаемая конструкция тележки позволяет продлить срок службы как тележки, так и пути в несколько раз, уменьшить износ контакта колесо-рельс, и улучшить взаимодействие, именно, в кривых участках пути.

Ключевые слова: тележка с тремя буксовыми узлами, износ, контакт колесо-рельс, взаимодействия колеса с рельсом.

Введение. Тележка является одной из основных частей рельсового подвижного состава, от конструкции которой в значительной степени зависит динамика вагона, плавность хода и условия взаимодействия колёсной пары с рельсовой колеёй. Усовершенствование конструкции тележки позволит продлить срок службы как вагона, так и рельсового пути, снизить эксплуатационные расходы. Разработка новой конструкции требует анализа условий эксплуатации и специфичности участков пути, для прохождения которых предназначен предлагаемый подвижный состав.

Анализ проблемы. На Европейских городских путях наблюдаются различные дефекты колеи. В условиях магистральной железной дороги на состо-

яние пути обращается более значительное внимание. Регулярно производится осмотр пути. При выявлении отклонений геометрии пути от значений, требуемых стандартами, производится их ремонт. Однако городские железные дороги специфичны. Для разных городов требования к геометрии железнодорожного пути разные [1]. Кроме того, состоянию пути в городских условиях движения не обращено должное внимание. Важной проблемой является недостаточное финансирование. Таким образом возникают идеальные условия для развития дефектов пути до значительно большего размера, чем на магистральных железнодорожных дорогах.

Одной из основных особенностей городских железных дорог является наличие кривых участков пути с радиусом от 18 метров. С учётом жёсткого закрепления колёсных пар к раме тележки в продольном направлении, взаимодействия колеса с рельсом происходит с большим углом набегания, что в свою очередь приводит к повышению относительных скоростей рабочих поверхностей в контакте, сопровождаемых типичным скрипом, увеличением сопротивления движения и возникновением абразивного износа контакта колесо-рельс [2]. В итоге - увеличение ширины колеи, размер которой достигает несколько десятков миллиметров (Рис. 1а). Так как подвижный состав происходит кривой участок пути в условиях городского движения в заклиненном положении (заклиненное вписывание), величина углов набегания и боковых сил увеличивается.

Следующей особенностью и типичной проблемой железнодорожных путей городского движения является нарушение геометрии стыков рельс. В эксплуатации известны два основных варианта этой проблем. Первый вариант – оба, или чаще всего один из концов соединённых рельсов смещен в горизонтальном или вертикальном направлении. Описываемый дефект в эксплуатации может быть устранён наплавкой материала на поверхность смещённого рельса, как показано на рис. 1б).



Рис. 1 Дефекты колеи в эксплуатации:
а – увеличение ширины колеи в кривом участке,
б – некорректный стык рельс

Второй вариант – образование не нормативной, увеличение зазора в стыке рельс (рис. 2а), возникшего в результате недостаточного технического обслуживания. В эксплуатации встречается отремонтированный вариант данного дефекта, который обеспечивается за счёт удаления концов рельс и добавления дополнительного отрезка рельса длиной 30 - 40 см. Описываемый ремонт приводит к увеличению неровностей пути и вредным колебаниям подвижного состава. В эксплуатации часто встречается ситуация, когда стык правого и левого рельса в разных плоскостях поперечного сечения колеи, что негативно влияет на динамику движения подвижного состава. Описываемый случай показан на рис. 2б).



Рис. 2. Дефекты колеи в эксплуатации:
а – зазор в стыке рельс, б - положение стыков
вне плоскости поперечного сечения колеи

Следующим эксплуатационным дефектом железнодорожного пути является длинные неровности пути в продольном профиле (скрученный путь), которые возникают в результате деформации подрельсового основания. Согласно стандарту (TNŽ 73 63 61 «Геометрическое положение и установка железнодорожного пути с шириной колеи 1000 мм») на длине пути 6 м максимальный продольный уклон одного из рельс колеи составляет 1:250 [3]. Так как требования данного стандарта не распространяются на городское железнодорожное движение, то появляются дефекты, указанные на рис. 3.

Представленный выше дефект (длинные неровности пути в продольном профиле) приводит к статически неопределённому положению тележки и, с учётом высокой жёсткости рессорного подвешивания, происходит неравномерное перераспределение нагрузок колёс ΔQ , что негативно влияет на безопасность подвижного состава против схода с рельсов.



Рис. 3. Длинные неровности пути в продольном профиле в эксплуатации

2. Предпосылки предлагаемого концепта создания инновационной тележки. Увеличение вертикальных сил при движении по скреплениям рельс и длинным неровностям в продольном профиле приводят к повышенному воздействию на путь и его разрушению. В тоже время существенное значение на появление дефектов пути оказывает конструкция тележек подвижного состава. Проведенный анализ движения подвижного состава на компьютерных моделях, спроектированных в программе SIMPACK и эксплуатационных опытов серийного подвижных состав показал, что необходима разработка нового концепта тележки, которая бы удовлетворяла требованиям эксплуатации на «не идеальном» рельсовом пути, который часто встречается в эксплуатации. Для разработки нового концепта создания тележки предлагаются следующие постулаты:

- при эксплуатации рельсового подвижного состава в условиях городского движение концепция тележки должна быть разработана таким образом, чтобы минимизировать вертикальные воздействия на путь при проезде по неровностям пути, которые часто встречаются в условиях городского движения. В данном случае тележка должна занять на неровном пути положение не приводящие к деформации рессорного подвешивания. Это даёт возможность эффективно использовать полезное сжатие подвешивания для динамических прогибов. Это требование в случае предлагаемой тележки обеспечено тем, что рама тележки закреплена на двух колёсных парах только через три буксовые узла. Т.о. даже при условии прохождения по неровностям пути предлагаемая тележка занимает статически определённое положение. Описываемое решение подробно описано в заявках на получение патентов [4, 5].

- Необходимым элементом тележки авторы считают механизм для радиальной установки колёсных пар. Так как планируется его применение в условиях городского движения, требование его корректной работы для широкого диапазона кривых, с радиусом от 18 м. Для тележки с базой 1.9 м необ-

ходимо обеспечить угол установки колёсной пары более 3 градуса. Установление колёсных пар предлагается механическим образом - в зависимости от угла поворота рамы тележки относительно к раме кузова.

- Проезд кривых малого радиуса значительно улучшается при внедрении в конструкцию колеса дополнительной поверхности катания на внешней стороне колёс, с меньшим радиусом, чем радиус поверхности катания колёс. Описываемое решение требует частичное изменение геометрии кривых малого радиуса. Решение описано в статьях [6, 7] и заявках на изобретение [8, 9].

- Для уменьшения воздействия на путь необходимо полностью подрессорить тяговые двигатели и тормозные системы. Предлагается закрепить тормозные диски на оси двигателей, которые установлены на раме тележки, на концах осей колёсных пар. Относительно пути их масса полностью подрессорена первой ступенью рессорного подвешивания. Крутящий момент двигателей предложено переносит

на оси через поводко-шарнирные сцепления. Таким образом обеспечивается полноценная работа как системы подвешивания, так и системы радиальной установки колёсных пар, при чём присутствие сцеплений не создает дополнительные сопротивления работе этих систем.

3. Концепт предлагаемой тележки. Разработка концепции новой тележки требует параметры вагона, для которого она будет проектироваться. В данном случае были приняты параметры трамвайного вагона Т3 для ширины колеи 1000 мм: база трамвайного вагона (расстояние между шкворнями) - 6.3 м, база тележек - 1.9 м, масса порожнего кузова - 15.5 т, полезная нагрузка - 9.3 т.

Соединение тележки с кузовом предложено установить в наиболее низкой точке, чтобы режимы тяги и торможения не приводили к значительным перераспределениям нагрузок от колёсных пар на рельсы. Концепт предлагаемой тележки показан на рис. 4 и 5.

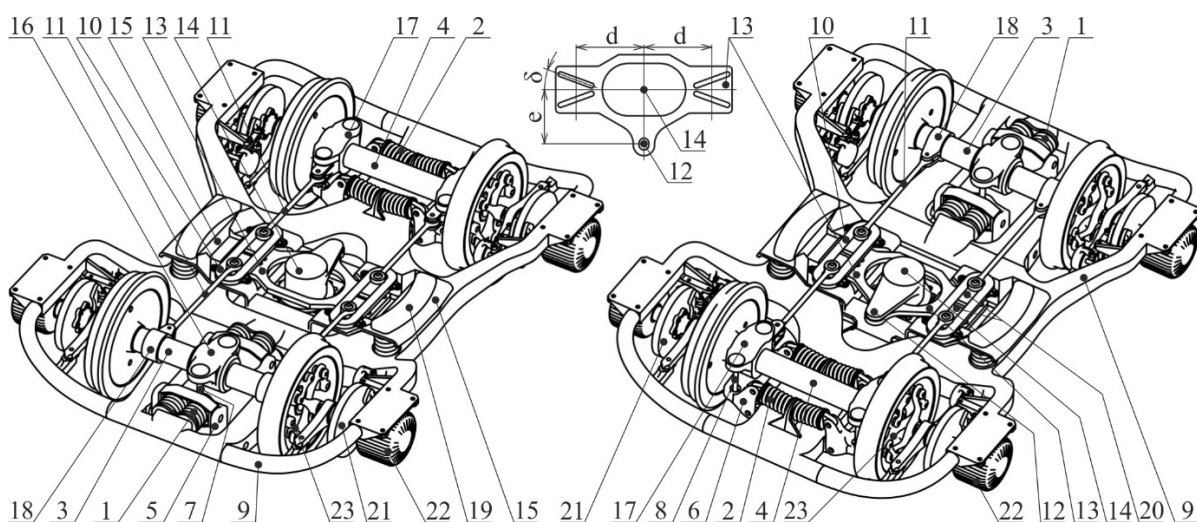


Рис. 4. Концепт предлагаемой тележки - общий вид

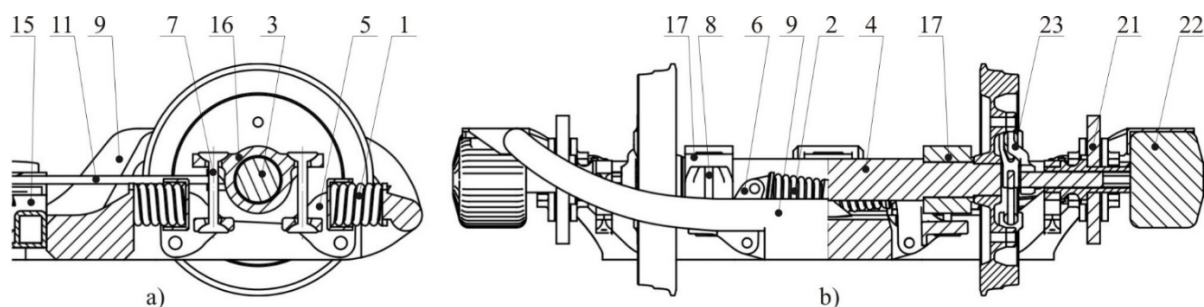


Рис. 5. Концепт предлагаемой тележки:

- а – сечение в узле крепления колёсной пары с одним буксовым узлом,
б – сечение в узле крепления колёсной пары с двумя буксовыми узлами

3.1. Система подвешивания предлагаемой тележки. Исходя из допустимого расстояния от сцепки до плоскости вершины рельс [10] получена величина сжатия подвешивания в случае груженого вагона 46.5 мм. В последствии проведен расчет размеров рессор первой и второй ступени. Чтобы опустить центр тяжести и пол кузова ниже, необходимо минимизировать размер высоты рессор первой и второй ступени (1) (2), одновременно необходимо элиминировать воздействия поперечной их жёсткости для механизма радиальной установки колёсных пар (3), (4). Минимизация высоты рессор достигнута за счёт дополнительного элемента (5), (6) шарнирно закреплённого на раму тележки, который позволяет развернуть ось рессор в горизонтальную плоскость, аналогично как в случае тележки вагона чехословацкого дизель-поезда М262. Устранение сопротивления механизма радиальной установки колёсных пар, которое возникает в конструкциях стандартных тележках в результате поперечной жёсткости рессор, достигнута за счёт применения вертикальных тяг (7), (8) концы которых закреплены шаровыми шарнирами.

Вертикальная нагрузка передаётся от кузова через шкворень (14) и скользуны на надресорную балку (15), в которой расположена центральная часть механизма радиальной установки (10), дальше через вторую ступень рессорного подвешивания на раму тележки (9). Рама передаёт нагрузку с помощью кронштейнов и болтов на элементы первой ступени рессорного подвешивания, а именно, рессоры (1), (2), рычаги (5), (6) и вертикальные тяги (7), (8), закреплённые шаровыми шарниры одним концом на рычаг, вторым концом на буксовый узел. Таким образом одновременно реализовано поперечное подвешивание.

Для расчета жёсткости и, соответственно, размеров рессор подвешивания использованы выражения (6) и (7), где γ – отношение жёсткости первой k_{c1} ступени рессорного подвешивания к второй k_{c2} для порожнего (6) и груженого (7) вагона:

$$\gamma_n = 2 + \frac{2 \cdot M_m}{M_k} = 2.200, [-] \quad (6)$$

$$\gamma_z = 2 + \frac{2 \cdot M_m}{M_k + M_n} = 2.124, [-] \quad (7)$$

где M_m [кг] – предполагаемая масса тележки, M_k [кг] – масса кузова, M_n [кг] – масса полезной нагрузки. Соответственно выражений (6) и (7), полученное значение отношения жёсткости первой ступени рессорного подвешивания ко второй составляет 2.162, то есть первая ступень рессорного подвешивания более жёсткая, чем рессорное подвешивание второй ступени. Общая требуемая жёсткость подвешивания вагона k_c полученная согласно ограничения величины полезного сжатия $c_n = 46.5$ мм (согласно параметров трамвайного вагона Т3) составляет:

$$k_c = \frac{M_n \cdot g}{c_n} = 1962000 \text{ [Н} \cdot \text{м}^{-1}] \quad (7)$$

Если общую жёсткость подвешивания вагона принять как жёсткость двух последовательно соединённых подвешиваний, их работу можно описать выражением:

$$k_c = \frac{k_{c1} \cdot k_{c2}}{k_{c1} + k_{c2}}, \text{ [Н} \cdot \text{м}^{-1}] \quad (8)$$

В последствии жёсткость второй ступени подвешивания определяется по выражению:

$$k_{c2} = \frac{(1 + \gamma) \cdot k_c}{\gamma} = 2869493, \text{ [Н} \cdot \text{м}^{-1}] \quad (9)$$

Жёсткость первой ступени подвешивания:

$$k_{c1} = \gamma \cdot k_{c2} = 6203844, \text{ [Н} \cdot \text{м}^{-1}] \quad (10)$$

Так как пространство для установки рессор первой ступени подвешивания ограничено, предложено рессоры развернуть в горизонтальную плоскость, при этом нагрузка будет передаётся через рычаги (5) и (6). Для минимизации сопротивления подвешивания работе механизма радиальной установки колёсных пар необходимо в системе подвешивания использовать вертикальные тяги (7) и (8), переносящие нагрузку от рычагов на буксовый узел с помощью шаровых шарниров.

В первой ступени рессорного подвешивания использовано восемь рессор. Четыре из них для колёсной пары (3) с одним буксовым узлом. Поперечное положение рессор колёсной пары (4) с двумя буксовыми узлами специфичное - предложена конструкция для уменьшения высоты этого узла за счёт того, что уменьшен диаметр рессор (2) и использован рычаг (6) с изменённым на величину 1.416 передаточным числом. Жёсткость и ход рессор (2) соответственно изменены.

3.2 Механизм радиальной установки колёсных пар. Положение колёсных пар в продольном направлении определено тягами (11) механизма радиальной установки. Таким образом механизм также используется для переноса продольных сил от тяги и торможения между колёсными парами и кузовом. Функцию радиальной установки колёсных пар (3) и (4) приводит в действие шарнир (12), размещённый в упругой втулке, скрепляющий точку продольной оси кузова с подвижной (в поперечном направлении) кулисой (13) механизма, смещение которой приводит в продольное движение камней (20) и, соответственно, тяги (11), что приводит к радиальному установлению колёсных пар.

При входе вагона в кривую, угол поворота рамы тележки относительно рамы кузова равен:

$$\beta = \arcsin \frac{B}{2 \cdot (R - v)}, \text{ [рад]} \quad (11)$$

где B [м] – база вагона (расстояние между шкворнями), R [м] – радиус кривой, v [м] – поперечное расстояние между серединой базы тележки и центром колес:

$$v = R - \left[R^2 - \left(\frac{b}{2} \right)^2 \right], \text{ [м].} \quad (12)$$

При использовании в конструкции радиальной установки колёсных пар необходимо соблюдать требование поворота колёсной пары относительно рамы тележки на угол:

$$\alpha = \arcsin \frac{b}{2 \cdot R}, \text{ [рад]} \quad (13)$$

где b [м] – база тележки. Требуемый угол достигается смещением в продольном направлении буксовых узлов (17) и букс механизма установки (18) на расстояние:

$$x_d = d \cdot \sin \alpha, \text{ [м]} \quad (14)$$

где d [м] – расстояние от оси тяги (11) до продольной оси тележки. Для правильной работы механизма необходима связь между углом канавки кулисы механизма δ [рад] и расстоянием от шкворня (14) тележки до болта (12) кулисы механизма. Данная связь описывается выражением:

$$e = \frac{x_d \cdot \sin \beta}{\tan \delta}, \text{ [м].} \quad (15)$$

В случае принятия величины угла канавки $\delta = 20$ градусов для предлагаемой тележки, расстояние $e = 285$ мм.

4. Обоснование предлагаемой концепции.

Для оценки эффективности предлагаемой концепции разработки инновационной тележки проведено имитационное моделирование движения аналога трамвайного вагона Т3 на участке пути длиной 10 км в программе SIMPACK. При этом количество и радиус кривых, переходных кривых, прямых участков и стрелочных переводов близки к профилю пути в условиях городского движения. Рассмотрены два варианта:

а) трамвайный вагон аналогичный типу Т3 с тележками серийной концепции (рис. 6);

б) трамвайный вагон аналогичный типу Т3 с тележками предлагаемой концепции (рис. 6).

Для расчета динамики движения, то есть для получения временной зависимости параметров контакта рельс-колесо, а именно нормальной силы, положение и размеры площади контакта или относительная скорость скольжения профилей использовано программу SIMPACK. Для обработки полученных результатов использована специально разработанная авторами программа, которая согласно модели износа по Арчарду [2] подаёт информацию о величине износа и геометрии изношенного профиля после проезда рассматриваемого участка пути. Координата

временного хода имитации движения пересчитана на горизонтальную координату профиля колеса, в результате чего получена ценная информация о способе формирования износа. Сравнение рассматриваемых вариантов с точки зрения параметров контакта правого колеса первой колёсной пары показано на рис. 6. Серым цветом на рис. 6 выделено место гребенесмазывания.

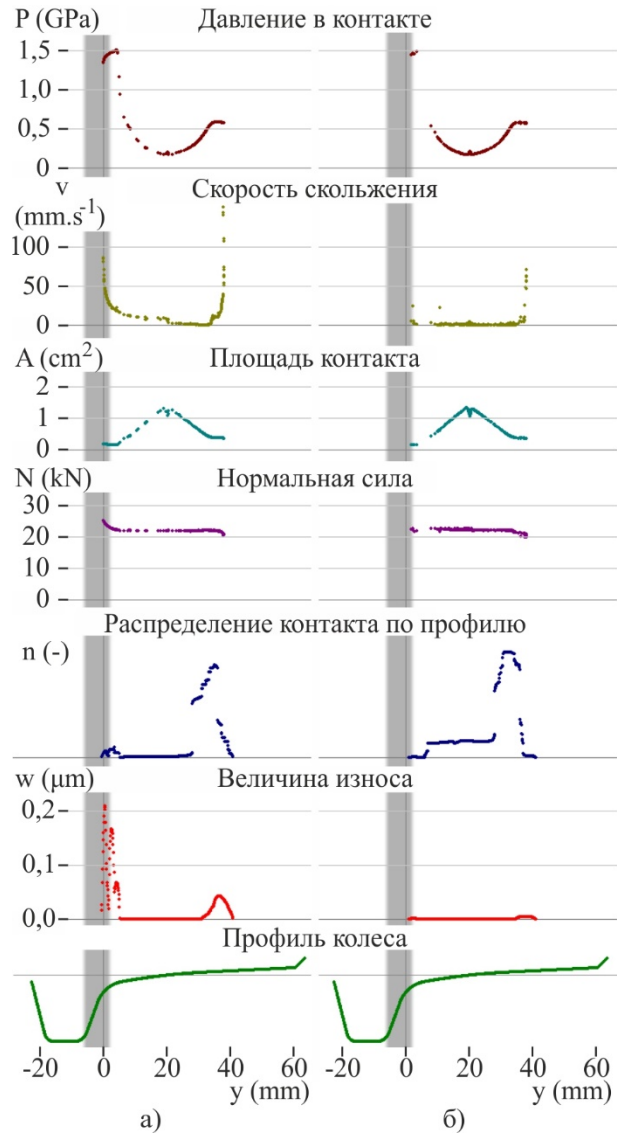


Рис. 6. Распределение износа, контактного давления, скорости скольжения и присутствия контакта по поверхности колеса для а – вагона с серийными тележками, б – вагона с предлагаемыми тележками

На основе сравнения распределения контактного давления и относительной скорости скольжения профилей установлено, что минимизация объема изношенного материала колёс происходит благодаря уменьшению скорости скольжения. Как показано на рис. 6, между распределением наличия контакта и распределением износа на поверхности катания нет связи.

Вывод. Предложена концепция инновационной тележки трамвайного вагона, для особенностей железнодорожных путей городского транспорта. Предлагаемое решение обосновано анализом проведенном при имитационном моделировании на участке пути длиной 10 км. Объем изношенного материала правого переднего колеса серийной тележки составил 1.685 мм^3 , для предложенной тележки на том же участке пути – 0.059 мм^3 . В результате установлено, что использование предложенного решения позволит значительно продлить срок службы колёс, уменьшить расход энергии трамвайного вагона, и также значительно снизить шум.

Разработанный концепт тележки позволит проводить широкие исследования силового взаимодействия элементов конструкции тележки и последующего определения финального конструкционного решения узлов тележки. В дальнейшем планируется произвести исследование в области прочностного анализа и уточнить размеры отдельных деталей.

Л и т е р а т у р а

- Lewis R. Wheel-rail interface handbook / R. Lewis, U. Olofsson // 842 p. 2009. ISBN: 978-1-4398-0146-8.
- Smetanka L. Wear research of railway wheelset profile by using computer simulation / L. Smetanka, P. Št'astniak, J. Harušinec // MATEC Web of Conferences. Volume 157, 14 March 2018, Article number 03017.
- Đurkovský M. Geometrická poloha a usporiadanie koľaje železničných dráh rozchodu 1000 mm / M. Đurkovský, M. Kubala // TNŽ 73 6361. ŽSR, Bratislava 2007.
- Gerlici, J., Lack, T., Hauser, V., Loulová, M., Nozhenko, O. S., Kravchenko, K. O. Podvozok vagóna – úžitkový vzor UA 114040 U, Kyjev: Ukrajinský inštitút priemyselného vlastníctva, 2017. 9 p.
- Loulová, M., Hauser, V., Gerlici, J., Lack, T., Nozhenko, O. S., Kravchenko, O. P., Kravchenko, K. O.: Podvozok vagóna – úžitkový vzor UA 119104 U, Kyjev: Ukrajinský inštitút priemyselného vlastníctva, 2017. 9 p.
- Nozhenko O. Double treaded wheelset riding regime change in strongly curved track from the derailment-safety point of view / O. Nozhenko, K. Kravchenko, M. Loulová, V. Hauser // In Manufacturing Technology, Vol. 18, Iss. 2, 1 April 2018, pp 303-308. ISSN: 12132489.
- Hauser V. Innovative wheel tread design aimed to tram-car-track interaction improvement when passing curves of a small radius / Hauser, V., Nozhenko, O. S., Kravchenko, K. O., Loulová, M., Gerlici, J., Lack, T. // 22nd Slovak-Polish Scientific Conference on Machine Modelling and Simulation, 2018. ISSN (online) 2261-236X, 11 p.
- Hauser, V., Gerlici, J., Gorbunov, M. I., Lack, T., Kravchenko, K. O., Loulová, M., Nozhenko, O. S., Kravchenko, O. P., Nozhenko, V. S.: Zakrivený úsek koľaje. Prihláška patentu č. a 201708423. Kyjev: Ukrajinský inštitút priemyselného vlastníctva, 2017. 11 p.
- Hauser, V., Gerlici, J., Lack, T., Loulová, M., Nozhenko, O. S., Kravchenko, K. O., Prosvirova, O. V.: Dvojkolesie podvozka koľajového vozidla a úsek zakrivenej koľaje. Prihláška patentu č. a201701589. Kyjev: Ukrajinský inštitút priemyselného vlastníctva, 2017. 11 p.
- Иванов М.Д. Трамвайные вагоны Т3 / М.Д. Иванов, А.А. Понамарёв, Б.К. // М. , «Транспорт». 1977, - 240 с.

R e f e r e n c e s

- Lewis R. Wheel-rail interface handbook / R. Lewis, U. Olofsson // 842 p. 2009. ISBN: 978-1-4398-0146-8.
- Smetanka L. Wear research of railway wheelset profile by using computer simulation / L. Smetanka, P. Št'astniak, J. Harušinec // MATEC Web of Conferences. Volume 157, 14 March 2018, Article number 03017.
- Đurkovský M. Geometrická poloha a usporiadanie koľaje železničných dráh rozchodu 1000 mm / M. Đurkovský, M. Kubala // TNŽ 73 6361. ŽSR, Bratislava 2007.
- Gerlici, J., Lack, T., Hauser, V., Loulová, M., Nozhenko, O. S., Kravchenko, K. O. Podvozok vagóna – úžitkový vzor UA 114040 U, Kyjev: Ukrajinský inštitút priemyselného vlastníctva, 2017. 9 p.
- Loulová, M., Hauser, V., Gerlici, J., Lack, T., Nozhenko, O. S., Kravchenko, O. P., Kravchenko, K. O.: Podvozok vagóna – úžitkový vzor UA 119104 U, Kyjev: Ukrajinský inštitút priemyselného vlastníctva, 2017. 9 p.
- Nozhenko O. Double treaded wheelset riding regime change in strongly curved track from the derailment-safety point of view / O. Nozhenko, K. Kravchenko, M. Loulová, V. Hauser // In Manufacturing Technology, Vol. 18, Iss. 2, 1 April 2018, pp 303-308. ISSN: 12132489.
- Hauser V. Innovative wheel tread design aimed to tram-car-track interaction improvement when passing curves of a small radius / Hauser, V., Nozhenko, O. S., Kravchenko, K. O., Loulová, M., Gerlici, J., Lack, T. // 22nd Slovak-Polish Scientific Conference on Machine Modelling and Simulation, 2018. ISSN (online) 2261-236X, 11 p.
- Hauser, V., Gerlici, J., Gorbunov, M. I., Lack, T., Kravchenko, K. O., Loulová, M., Nozhenko, O. S., Kravchenko, O. P., Nozhenko, V. S.: Zakrivený úsek koľaje. Prihláška patentu č. a 201708423. Kyjev: Ukrajinský inštitút priemyselného vlastníctva, 2017. 11 p.
- Hauser, V., Gerlici, J., Lack, T., Loulová, M., Nozhenko, O. S., Kravchenko, K. O., Prosvirova, O. V.: Dvojkolesie podvozka koľajového vozidla a úsek zakrivenej koľaje. Prihláška patentu č. a201701589. Kyjev: Ukrajinský inštitút priemyselného vlastníctva, 2017. 11 p.
- Ivanov M.D. Tramvajnye vagony T3 / M.D. Ivanov, A.A. Ponomarev, B.K. // М. , «Transport». 1977, - 240 s.

Хаусер В. Кравченко К., Ноженко О. Концепт інноваційного візка трамвайного вагону зі зменшенням впливом на колію.

При експлуатації рухомого складу в умовах міського руху на залізничному транспорті відбувається значне напруження рейкового полотна, що призводить до виникнення і розвитку дефектів геометрії колії, зносу головок рейок, збільшенню ширини колії і, відповідно, збільшення силового впливу в контактні колесо-рейка. Описана ситуація є логічним результатом експлуатації вагонів, конструкції візків яких не призначені для специфічних умов міського руху. У статті представлена запропонована авторами концепція інноваційного візка для умов міського руху. Розроблений візок відрізняється закріпленням рами на дві колісні пари тільки через три буксові вузла з використанням механізму радіальної установки колісних пар. Оцінку концепту інноваційного візка проведено за допомогою імітаційного моделювання кінематики візку і динаміки руху вагона. Згідно отриманих результатів запропонована конструкція візка дозволяє продовжити термін служби як візку, так і колії в декілька разів, зменшити

знос контакту колесо-рейка, і поліпшити взаємодію саме в кривих ділянках колії.

Ключові слова: візок с трьома буксовими вузлами, знос, контакт колесо-рейка, взаємодія колеса з рейкоюю.

Hauser V., Kravchenko K., Nozhenko O. The innovative trackfriendly tram bogie conception.

On the usual vehicle operation on the city railway environment, significant load of the track occurs. This causes track geometry defects formation, rail head wear, track gauge enlargement and correspondingly increasing of force interaction in the rail-wheel contact. Described situation is a logical result of tramcars operation, bogie construction of which are not intended for the specific condition on city lines. In this paper, by authors proposed innovative bogie conception especially for urban lines environment is given. Proposed bogie is characterized by frame-to wheelsets connection only by three axle boxes. Bogie is equipped with mechanism for setting radial position of axles in track curves. Evaluation of the proposed bogie is carried out by simulation analysis of bogie kinematics and tram car ride dynamics. According obtained results, proposed bogie conception make possible to enlarge op-

eration life of both – bogie and track up to several times, minimize rail-wheel contact wear and make the vehicle – track interaction more smooth, especially in curved track sections.

Keywords: three axle boxes boogie, rail-wheel contact wear, rail-wheel interaction.

Хаусер В. – научный сотрудник кафедры «Транспорт и подъёмно-транспортная техника», Жилинский университет.

Кравченко Е. – к.т.н., доц., кафедра железнодорожного, автомобильного транспорта и подъёмно-транспортных машин, Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля.

Ноженко О. – к.т.н., доц., кафедра железнодорожного, автомобильного транспорта и подъёмно-транспортных машин, Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля.

Рецензент: д.т.н., проф. **Горбунов М.І.**

Статья подана 19.03.2019