
**КӨЛІК, КӨЛІКТІК ИНЖЕНЕРИЯ
TRANSPORT, TRANSPORT ENGINEERING
ТРАНСПОРТ, ТРАНСПОРТНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ**

УДК 629.4.015

DOI 10.52167/1609-1817-2025-136-1-17-26

Ж.С. Мусаев[✉], А.А. Мәлік, П.Т. Ахметова, А.У. Утепова, М.Ж. Туркебаев
Mukhametzhan Tynyshbayev ALT University, Алматы, Казахстан
E-mail: m.zhanat@alt.edu.kz

**ДИНАМИКА ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ С РАЗЛИЧНЫМ СОСТОЯНИЕМ ТЕЛЕЖЕК
В КРИВЫХ УЧАСТКАХ ПУТИ**

Аннотация. Неровности пути являются основным фактором вызывающим колебания ходовых частей и грузовых вагонов. От физического состояния тележек и их основных частей зависят динамические характеристики вагонов и безопасность движения на железных дорогах. В статье выполнен анализ влияния основных видов неровности пути на динамические показатели вагонов и показатели воздействия на верхнее строение пути.

Динамические показатели вагонов на тележках с максимальными зазорами сравнивались с показателями вагонов на тележках с номинальными зазорами в тех же узлах. В статье показано, что наличие в кривых участках пути сочетания неровностей в вертикальной плоскости и в плане приводит при скоростях движения выше 80 км/ч к дальнейшему возрастанию рамных сил у тележек с номинальными зазорами; при максимальных зазорах и износах величины сил не изменяются.

По результатам выполненных исследований сформулированы практические рекомендации и основные мероприятия по снижению негативного влияния неровностей пути и улучшения динамических качеств грузовых вагонов.

Ключевые слова. Грузовой вагон, тележка, физическое состояние, железнодорожный путь, неровности, динамические характеристики, анализ, рекомендации.

Введение.

Неровности пути являются одним из основных факторов, влияющих на динамические процессы в железнодорожном подвижном составе. В кривых участках пути это влияние особенно существенно, поскольку к вертикальным и горизонтальным неровностям добавляются дополнительные нагрузки, связанные с прохождением кривой.

Основное влияние неровностей на динамические качества вагонов заключается в следующем:

Увеличение динамических сил - неровности пути вызывают возникновение дополнительных динамических сил, действующих на вагон. Эти силы приводят к увеличению износа колесных пар и элементов подвески, а также к повышенным нагрузкам на пути.

Повышение уровня вибраций - вибрации, возникающие при прохождении неровностей, негативно влияют на комфортность перевозки грузов, могут привести к повреждению грузов и ухудшению условий работы локомотивной бригады.

Ухудшение устойчивости движения - в кривых участках пути неровности могут привести к потере устойчивости движения вагона, особенно при высокой скорости или неисправностях ходовых частей.

Увеличение износа пути - повышенные динамические нагрузки, вызванные неровностями, ускоряют износ рельсов и других элементов верхнего строения пути.

Влияние состояния ходовых частей грузовых вагонов на сегодняшний день остается достаточно актуальным вопросом, так как состояние ходовых частей вагона существенно влияет на его динамические характеристики и, соответственно, на реакцию на неровности пути.

Так, например, в эксплуатации часто встречаются вагоны, имеющие предельный износ колесных пар. Как известно, износ колесных пар приводит к увеличению радиуса кривизны профиля колеса, что ухудшает сцепление с рельсом и повышает вероятность проскальзывания. Это, в свою очередь, приводит к увеличению динамических сил и износа пути.

Не менее часто при интенсивной эксплуатации грузовых вагонов возникают неисправности подвески. Неисправности элементов подвески (пружин рессорного подвешивания, клиновых гасителей колебаний, износ буксовых подшипников) приводят к нарушению нормальной работы подвески, что ухудшает плавность хода и повышает чувствительность вагона к неровностям пути.

Так же в грузовых вагонах возникают чрезмерные зазоры и люфты в сопрягаемых деталях и местах их соединения. Люфты в соединениях элементов ходовых частей приводят к появлению дополнительных динамических сил и вибраций.

Наиболее неблагоприятным считается сочетание вышеперечисленных факторов.

В реальных условиях эксплуатации грузовых вагонов влияние неровностей пути и состояния ходовых частей на динамические качества является комплексным. Сочетание различных факторов (тип неровности, скорость движения, радиус кривой, состояние пути, износ колесных пар, неисправности подвески) может привести к значительному ухудшению динамических характеристик вагона.

Материалы и методы.

Изучение влияния основных видов неровности пути на динамические показатели вагонов и показатели воздействия на путь целесообразно проводить отдельно от прямых и кривых участков пути, учитывая при этом особенности воздействия с прямыми и кривыми участками пути как нового, так и имеющего износы ходовых частей подвижного состава.

Исследования влияния неровности в кривых участках пути на динамические показатели вагонов проводились по методике, разработанной учеными ВНИИЖТ [1]. Выбор вида неровностей осуществляется с учетом результатов испытаний на прямых участках пути.

Для сравнительной оценки были отобраны полувагоны на тележках с номинальными износами и зазорами. Динамические показатели вагонов на тележках с максимальными зазорами сравнивали с показателями вагонов на тележках с номинальными зазорами в тех же узлах. Все вагоны были загружены до полной грузоподъемности; нагрузка от колесной пары на путь составляла 22 тс. Рессорное подвешивание тележек тарировали под действием вертикальной статической нагрузки, приходящейся от кузова на подпятник тележки, в результате чего были установлены величины статического прогиба и относительного трения рессорного подвешивания. Величины относительного трения в отдельных рессорных комплектах тележек ЦНИИ-ХЗ с максимальными износами составляли 4-6%, то есть в 2,5-1,7 раза меньше, чем трение в рессорных комплектах тележек без износов. Статический прогиб тележек ЦНИИ-ХЗ с максимальными износами составлял 48 мм, с номинальными износами 46 мм.

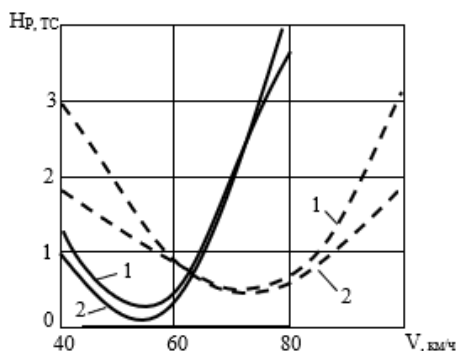
Динамические силы, действующие на обрессорные и необрессорные элементы тележек, и горизонтальные силы, передающиеся от колесных пар на раму тележки; измерения рамных сил проводили по общепринятой методике испытаний грузовых

вагонов [2]. В процессе испытаний одновременно с динамическими показателями вагонов регистрировались кромочные напряжения в подошве рельса, вертикальные нагрузки рельса на шпалу и просадки рельсов.

Влияние некоторых сочетаний отдельных видов неровностей в кривых участках пути на динамические показатели вагонов оценивали, сопоставляя результаты измерений динамических показателей вагонов на неровностях с данными, полученными на прямых участках пути.

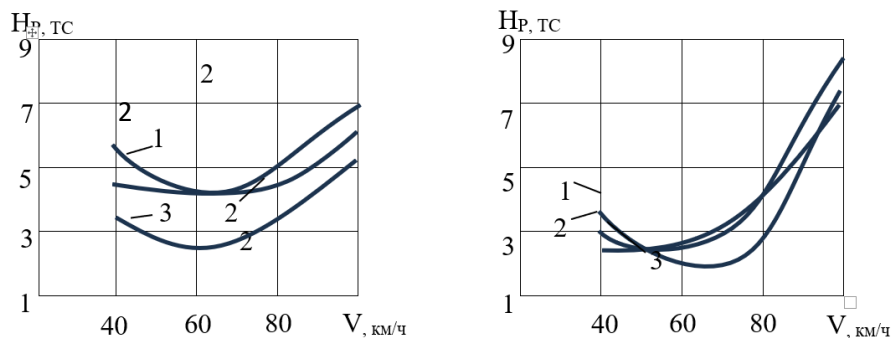
Рамные силы измеряли по набегающей колесной паре передней тележки. Особенность изменения рамных сил, возникающих при движении вагона по кривым участкам пути, заключается в наличии постоянной составляющей, обусловленной квазистатическим вписыванием вагона в кривую, и периодически изменяющейся динамической добавки.

Как показали результаты испытаний (рисунок 1), постоянная составляющая рамной силы достигает наибольших значений в кривой 350 м при скорости 80 км/ч. В кривой радиусом 650 м наибольшие значения постоянной составляющей рамной силы наблюдаются при скоростях движения 40 и 100 км/ч. При наличии в кривых 650 м неровностей в плане максимальные величины постоянной составляющей у тележек ЦНИИ-ХЗ наблюдается при скорости 40 км/ч. Наибольшие значения постоянной составляющей рамной силы обусловлены величиной непогашенного ускорения, которое в кривой радиусом 350 м равно $+0,7$ при скорости 80 км/ч, а в кривой радиусом 650 м – $0,74$ м/с² при скорости 40 км/ч.



кривые 1,2 – при 1,2 варианте неровности

Рисунок 1 - Зависимость постоянной рамной силы в кривых 350 м (сплошная линия) и 650 м (пунктирная) от скорости движения



а) кривая радиусом 650 м б) кривая радиусом 350 м.
 1,2,3- варианты неровности 1,2 и 3 вида

Рисунок 2 - Зависимость рамных сил тележек с номинальными износами и зазорами от скорости движения груженых вагонов в кривых

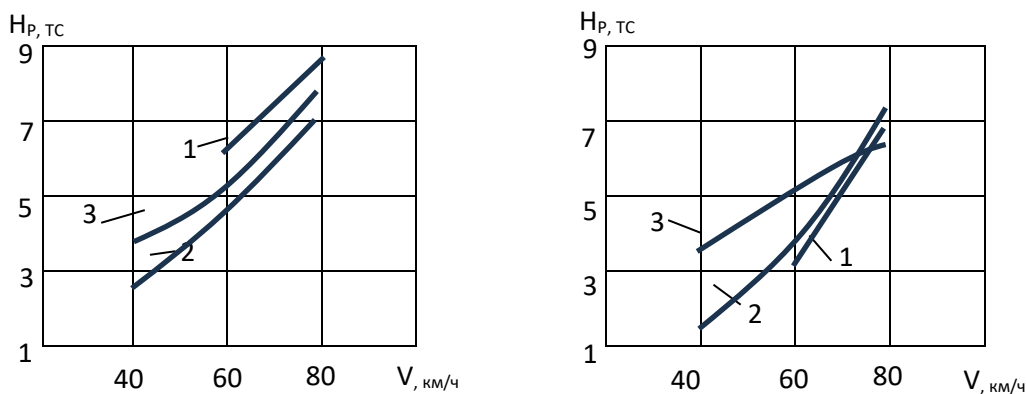
Анализ графиков, представленных на рисунке 2 а, б показывает, что наличие в кривой радиусом 650 м последовательно расположенных неровностей в виде просадки и перекоса приводит при малых скоростях движения к возрастанию рамных сил у тележек ЦНИИ-ХЗ с номинальными зазорами.

При скорости движения 40 км/ч рамная сила увеличивается примерно на 2 тс по сравнению с рамной силой пути без неровностей. Меньшее влияние этот вид неровностей оказывает на величины рамных сил у тележек с максимальными износами; при скорости движения 40 км/ч рамные силы увеличиваются примерно на 1 тс, а при скорости до 100 км/ч- на 0,1 тс.

Наличие в кривых участках пути сочетания неровностей в вертикальной плоскости и в плане приводит при скоростях движения выше 80 км/ч к дальнейшему возрастанию рамных сил у тележек с номинальными зазорами; при максимальных зазорах и износах величины сил не изменяются [3-4].

Наличие в кривой радиусом 350 м только просадок и перекосов (3 вариант неровности) не вызывает увеличения рамных сил у тележек как при номинальных, так и при максимальных износах и зазорах. Некоторый рост сил наблюдается у тележек с максимальными износами при наличии в пути сочетаний просадок с горизонтальными неровностями при скоростях движения выше 70 км/ч, при номинальных зазорах в тележках происходит даже некоторое снижение значений этих сил по сравнению с величинами, полученными на пути без искусственных неровностей (рисунок 2 а, б).

Таким образом, в кривой радиусом 650 м в диапазоне исследуемых скоростей движения, (от 40 до 100 км/ч) наличие рассмотренных видов неровностей пути приводит к росту рамных сил у тележек с номинальными зазорами и практически не сказывается на изменении сил при максимальных износах в этих тележках.



а) кривая радиусом 650м б) кривая радиусом 350 м
1,2,3 – варианты неровности 1,2 и 3 вида.

Рисунок 3 - Зависимость рамных сил тележек с максимальными износами и зазорами от скорости движения груженых вагонов в кривых

Результаты и обсуждение.

Рамные силы, действующие от колесных пар на раму тележки, между отдельными буксами одной и той же колесной пары могут распределяться неравномерно, особенно при движении по кривым [5-7]. Происходит это вследствие выбора поперечных зазоров между буксой и боковой рамой из-за смещения боковой рамы середины шеек оси колесной пары. Поскольку значения сил по отдельным буксам характеризуют надежность работы буксового узла и обуславливают величины нагрузок на рельсовые нити при движении по кривым, то целесообразно рассмотреть зависимости изменения от скорости движения

максимальных сил, действующих в кривых от букс, например, передней колесной пары тележек для трех вариантов неровности. При движении вагонов по кривой радиусом 650 м и положительной величине непогашенного ускорения на 650 м и положительной величине непогашенного ускорения на наружную рельсовую нить набегающее колесо, от буксы которого на раму тележки передается сила H_{p1} , а с внутренней рельсовой нитью контактирует второе колесо, от буксы которого передается сила H_{p2} . Поскольку кривая радиусом 350 м обратного направления по отношению к кривой 650 м, то при движении вагона по ней набегающим на наружную рельсовую нить является колесо, от буксы которого на раму действует сила H_{p2} . Наличие в кривых 650 и 350 м неровностей в виде последовательно расположенных просадки и перекоса (второй вариант неровностей) по-разному влияет на изменение сил, передающихся от колес передней колесной пары на раму тележек, (рисунок 4, 5). У тележек с максимальными износами и зазорами в кривой 650 м при скорости движения 80 км/ч силы возрастают только от набегающего колеса на 1,5 тс. В кривой радиусом 350 м у тележек с номинальными износами силы от набегающего колеса на раму при скоростях движения 60-80 км/ч возрастают соответственно на 1,3 и 0,6 тс. В то же время у тележек с максимальными износами заметного влияния неровностей второго варианта на величину сил не наблюдается.

В кривой радиусом 350 м силы от буксы набегающего колеса на раму тележки ЦНИИ-ХЗ с максимальными износами при скорости 80 км/ч увеличивается на 1,5 тс, у тележки с номинальными износами они не превосходят значений.

Неравномерное распределение горизонтальных рамных сил по буксам одной и той же колесной пары в тележках происходит из-за смещения боковой рамы относительно середины шеек оси колесной пары и выбора поперечного зазора между буксой и боковой рамой со стороны набегающего на наружную рельсовую нить колеса, при этом сила растет из-за ударного характера ее передачи от буксы к раме [8].

Результаты опытов позволили установить, что характер изменения коэффициентов динамических добавок вертикальных нагрузок боковых рам тележек от скорости движения во всех трех циклах испытаний практически одинаков.

Значения коэффициентов при разгрузке и перегрузке рессорных комплектов тележек под воздействием неровностей в пределах допустимых величин.

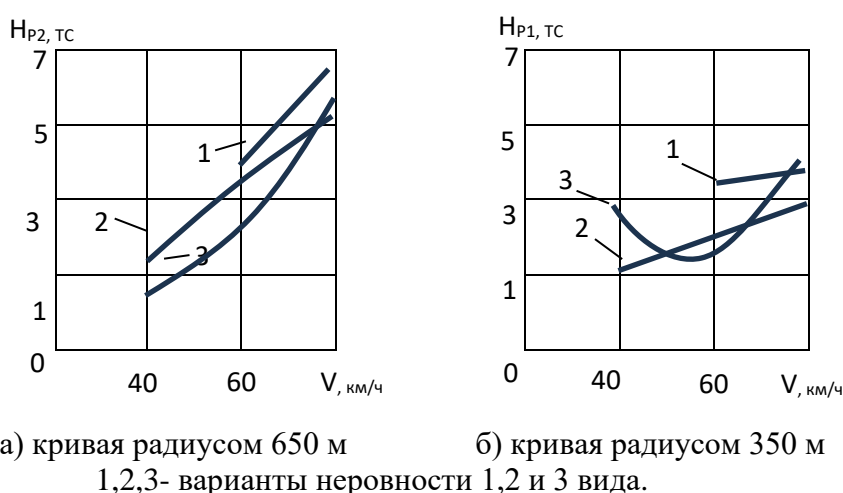
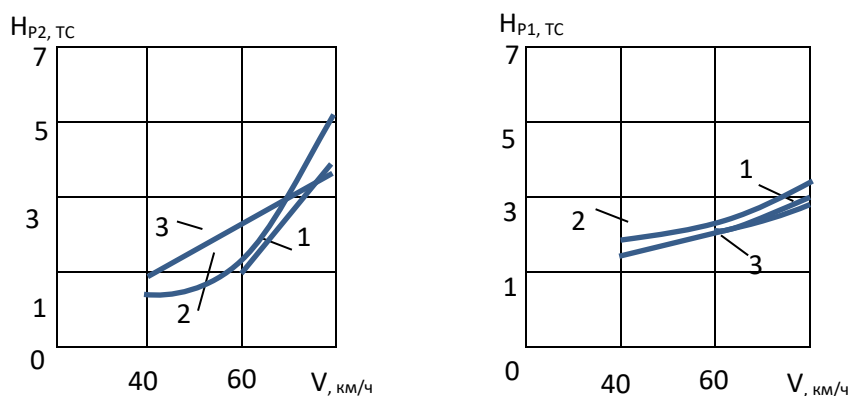


Рисунок 4 - Зависимость рамных сил, действующих от букс набегающей колесной пары на раму тележки с максимальными зазорами и износами от скорости движения в кривой



а) кривая радиусом 650 м б) кривая радиусом 350 м
1,2,3- варианты неровности 1,2 и 3 вида

Рисунок 5 - Зависимость рамных сил, действующих от букс набегающей колесной пары на раму тележки с номинальными зазорами и износами от скорости движения в кривой

Выводы.

На основе выполненных исследований, можно сделать следующие основные выводы:

1) Вертикальные и горизонтальные силы, действующие на элементы грузовых вагонов с наихудшей совокупностью максимальных износов и зазоров при минимальном прокате колес, не превосходят допустимых величин при скоростях движения до 100 км/ч, имеющими номинальные зазоры. Такие вагоны могут эксплуатироваться с установленной в настоящее время скоростью движения для грузовых вагонов.

2) Износ клиновых гасителей колебаний тележек приводит к увеличению коэффициента динамических добавок вертикальных сил на 20-25 %, угла поворота тележки относительно кузова, рамных сил и ускорений кузова вагона.

3) На величину коэффициента динамической добавки вертикальной силы особенно большое влияние оказывают резкие односторонние просадки пути, а на величину рамной силы – неровности пути в горизонтальной плоскости.

4) Наличие максимального проката колес ведет к повышению напряжений в наружной кромке подошвы рельса. Износы ходовых частей тележек не приводит к статически значимому изменению горизонтальных сил.

5) При движении по кривым участкам пути с неровностями динамические показатели, определяющие безопасность движения, у вагонов с тележками, имеющими допустимые в эксплуатации износы и зазоры, не ухудшаются по сравнению с показателями вагонов на тележках, имеющими номинальные зазоры.

6) При наличии неровностей пути в кривых малых радиусов возрастает вероятность превышения предельно допустимых кромочных напряжений в рельсах и уменьшения значений коэффициента запаса устойчивости колесной пары на рельсах. Поэтому при дальнейшем увеличении скорости движения необходимо вводить более жесткие нормы содержания пути в таких кривых в плане и профиле.

Таким образом, неровности в кривых участках пути оказывают существенное влияние на динамические качества грузовых вагонов, особенно при наличии неисправностей ходовых частей. Для обеспечения безопасности движения и повышения эффективности использования подвижного состава необходимо принимать комплексные меры по улучшению состояния пути и технического обслуживания вагонов.

В качестве практических рекомендаций предлагаются следующие меры по снижению негативного влияния неровностей пути и улучшения динамических качеств грузовых вагонов необходимо:

1) Поддерживать пути в надлежащем техническом состоянии, то есть регулярно проводить ремонт и обслуживание пути, устранять неровности и дефекты.

2) Контролировать техническое состояние вагонов в пути следования и осуществлять регулярный технический осмотр и ремонт вагонов, своевременно заменять изношенные детали.

3) Оптимизировать параметры подвески грузовых вагонов. Разрабатывать и внедрять новые конструкции подвески (например, с билинейной характеристикой), обеспечивающие более высокую плавность хода и снижение чувствительности к неровностям пути, как в порожнем, так и в груженом состоянии).

4) Использовать современные автоматизированные системы диагностики, в том числе на основе искусственного интеллекта. Внедрять на сети железных дорог интеллектуальные системы диагностики состояния верхнего строения пути и подвижного состава для выявления дефектов на ранней стадии и предотвращения аварийных ситуаций.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Мусаев Ж.С. К вопросу определения условного суммарного возмущающего фактора со стороны пути на подвижной состав. Материалы науч.-практ. конф. «Подвижной состав железных дорог Республики Казахстан»/Алматы, КазАТК, 2009, с. 151-158.

[2] Janat Musayev, Vladimir Solonenko, Narzankul Mahmetova, et all. Some aspects of the experimental assessment of dynamic behavior of the railway track, Journal of theoretical and applied mechanics Volume 55, Issue 2, pp. 421–432, Warsaw 2017, DOI: 10.15632 /jtam-pl.55.2.421 <http://ptmts.org/jtam/index.php/jtam/issue/current/showToc>

[3] Experimental Evaluation of Railway Crew Impact on Tension Rails/M. Murzakayeva, J. Musayev, M. Kvashnin [et al.]/International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research. – 2021. – Vol. 10, No. 5. – P. 261-269. – DOI 10.18178/ijmerr.10.5.261-269.

[4] Modeling of dynamic characteristics of freight car with optimized parameters of wedge-type shock absorber/V. Solonenko, N. Mahmetova, J. Musayev [et al.]/Journal of Vibroengineering. – 2017. – Vol. 19, No. 2. – P. 1197-1213. – DOI 10.21595/jve.2017.16901.

[5] Shock-impulse diagnosis of railway/J. Musayev, Y. Yelzhanov, M. Aliyarova [et al.]/Engineering for Rural Development: Proceedings, Jelgava, 23–25 мая 2018 года. Vol. 17. – Jelgava: Latvia University of Agriculture, 2018. – P. 1618-1623. – DOI 10.22616/ERDev2018.17. N551.

[6] The interaction of the freight car and way taking into account deformation of assembled rails and sleepers/Z. Abilkaiyr, J. Musayev, T. Kaiym [et al.]/Vibroengineering Procedia, Moscow, 04–07 октября 2016 года. Vol. 8. – Moscow: 2016. – P. 269-274.

[7] Analysis of dynamic instability of the wheel set of a railway vehicle using the method of generalized hill determinants/J. Musayev, B. Bahtiyar, R. Kibitova [et al.]/Vibroengineering Procedia: 55, International Conference on Advanced Logistics, Transport and Safety, Almaty, 21 апреля 2022 года. – Almaty, 2022. – P. 186-190. – DOI 10.21595/vp.2022.22491.

[8] Влияние критической скорости и длины неровностей на резонансные колебания вагонов/Ж. С. Мусаев, С. Ж. Маханбет, А. А. Хайдарова, Ж. М. Айтуганова//Наука и образование: актуальные вопросы теории и практики: материалы Международной научно-методической конференции, Оренбург, 22–23 марта 2022 года. – Самара–Оренбург: Оренбургский институт путей сообщения – филиал федерального государственного

бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Самарский государственный университет путей сообщения", 2022. – С. 19.

REFERENCES*

[1] Janat Musayev et al. K voprosu rascheta ugonа puti tyajelovesnimi poezdami [In Russian: On the issue of calculating the hijacking of the track by heavy trains]//Materiali nauch.-prakt. konf. «Podvijnoi sostav jelezniх dorog Respubliki Kazahstan»/Almati, KazATK, 2009, s. 151-158.

[2] Janat Musayev, Vladimir Solonenko, Narzankul Mahmetova, et al. Some aspects of the experimental assessment of dynamic behavior of the railway track, Journal of theoretical and applied mechanics Volume 55, Issue 2, pp. 421–432, Warsaw 2017, DOI: 10.15632 /jtam-pl.55.2.421 <http://ptmts.org/jtam/index.php/jtam/issue/current/showToc>

[3] Experimental Evaluation of Railway Crew Impact on Tension Rails/M. Murzakayeva, J. Musayev, M. Kvashnin [et al.]//International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research. – 2021. – Vol. 10, No. 5. – P. 261-269. – DOI 10.18178/ijmerr.10.5.261-269.

[4] Modeling of dynamic characteristics of freight car with optimized parameters of wedge-type shock absorber/V. Solonenko, N. Mahmetova, J. Musayev [et al.]//Journal of Vibroengineering. – 2017. – Vol. 19, No. 2. – P. 1197-1213. – DOI 10.21595/jve.2017.16901.

[5] Shock-impulse diagnosis of railway/J. Musayev, Y. Yelzhanov, M. Aliyarova [et al.]// Engineering for Rural Development: Proceedings, Jelgava, 23–25 мая 2018 года. Vol. 17. – Jelgava: Latvia University of Agriculture, 2018. – P. 1618-1623. – DOI 10.22616/ERDev2018.17. N551.

[6] The interaction of the freight car and way taking into account deformation of assembled rails and sleepers/Z. Abilkaiyr, J. Musayev, T. Kaiym [et al.]//Vibroengineering Procedia, Moscow, 04–07 октября 2016 года. Vol. 8. – Moscow: 2016. – P. 269-274.

[7] Analysis of dynamic instability of the wheel set of a railway vehicle using the method of generalized hill determinants/J. Musayev, B. Bahtiyar, R. Kibitova [et al.]//Vibroengineering Procedia: 55, International Conference on Advanced Logistics, Transport and Safety, Almaty, 21 апреля 2022 года. – Almaty, 2022. – P. 186-190. – DOI 10.21595/vp.2022.22491.

[8] Janat Musayev et al. Vliyanie kriticheskoi skorosti i dlini nerovnostei na rezonansnie kolebaniya vagonov [In Russian: The influence of the critical speed and the length of the irregularities on the resonant vibrations of the wagons] Nauka i obrazovanie_ aktualnie voprosi teorii i praktiki: materialy Mejdunarodnoi nauchno_metodicheskoi konferencii, Orenburg, 22–23 marta 2022 goda. – Samara–Orenburg: Orenburgskii institut putei soobscheniya – filial federalnogo gosudarstvennogo byudjetnogo obrazovatel'nogo uchrejdeniya visshogo obrazov. "Samarskii gosudarstvennii universitet putei soobscheniya", 2022. – S. 19

Жанат Мусаев, т.ф.д., доцент, Mukhametzhan Tynyshbayev ALT University, Алматы, Қазақстан, m.zhanat@alt.edu.kz

Арман Мәлік, магистр, Mukhametzhan Tynyshbayev ALT University, Алматы, Қазақстан, a.malik@alt.edu.kz

Патам Ахметова, т.ф.к., доцент, Mukhametzhan Tynyshbayev ALT University, Алматы, Қазақстан, p.ahmetova@alt.edu.kz

Акерке Утепова, т.ф.к., доцент, Mukhametzhan Tynyshbayev ALT University, Алматы, Қазақстан, a.utepova@alt.edu.kz

Мукангали Туркебаев, т.ф.к., доцент, Mukhametzhan Tynyshbayev ALT University, Алматы, Қазақстан, t.mukangali@alt.edu.kz

ЖОЛДЫҢ ҚИСЫҚ УЧАСКЕЛЕРІНДЕ ӘРТҮРЛІ КҮЙДЕГІ АРБАЛАРЫ БАР ЖҮК ВАГОНДАРЫНЫҢ ДИНАМИКАСЫ

Аңдатпа. Жолдағы бұзушылықтар жүріс бөліктері мен жүк вагондарының тербелісін тудыратын негізгі фактор болып табылады. Вагондардың динамикалық сипаттамалары және теміржолдардағы қозғалыс қауіпсіздігі арбашалардың физикалық жағдайына және олардың негізгі бөліктеріне байланысты. Мақалада жолдың бұзылуының негізгі түрлерінің вагондардың динамикалық көрсеткіштеріне және жолдың жоғарғы құрылымына әсер ету көрсеткіштеріне әсері талданады.

Максималды саңылаулары бар арбалардағы вагондардың динамикалық көрсеткіштері сол тораптардағы номиналды саңылаулары бар арбалардағы вагондардың көрсеткіштерімен салыстырылды. Мақалада жолдың қисық учаскелерінде тік жазықтықтағы және жоспардағы бұзушылықтардың үйлесуі 80 км/сағ жоғары қозғалыс жылдамдығында номиналды саңылаулары бар арбашалардағы рамалық күштердің одан әрі өсуіне әкелетіні көрсетілген; максималды Саңылаулар мен тозу кезінде күштердің шамалары өзгермейді.

Жүргізілген зерттеулердің нәтижелері бойынша жолдағы бұзушылықтардың теріс әсерін азайту және жүк вагондарының динамикалық сапасын жақсарту бойынша практикалық ұсыныстар мен негізгі іс-шаралар тұжырымдалды.

Түйінді сөздер. Жүк вагоны, арбаша, физикалық жағдайы, Теміржол жолы, бұзушылықтар, динамикалық өнімділік, талдау, ұсыныстар.

Janat Musaev, doctor of technical sciences, docent, Mukhametzhan Tynyshbayev ALT University, Almaty, Kazakhstan, m.zhanat@alt.edu.kz

Arman Malik, master, Mukhametzhan Tynyshbayev ALT University, Almaty, Kazakhstan, a.malik@alt.edu.kz

Patam Akhmetova, candidate of technical sciences, docent, Mukhametzhan Tynyshbayev ALT University, Almaty, Kazakhstan, p.ahmetova@alt.edu.kz

Akerke Utepova, candidate of technical sciences, docent, Mukhametzhan Tynyshbayev ALT University, Almaty, Kazakhstan, a.utepova@alt.edu.kz

Mukangali Turkebaev, candidate of technical sciences, docent, Mukhametzhan Tynyshbayev ALT University, Almaty, Kazakhstan, t.mukangali@alt.edu.kz

DYNAMICS OF FREIGHT WAGONS WITH DIFFERENT BOGIE CONDITIONS IN CURVED SECTIONS OF THE TRACK

Abstract. Track irregularities are the main factor causing fluctuations in running gear and freight cars. The dynamic characteristics of the wagons and the safety of movement on the railways depend on the physical condition of the trolleys and their main parts. The article analyzes the influence of the main types of track irregularities on the dynamic performance of wagons and the impact on the upper structure of the track.

The dynamic performance of wagons on trolleys with maximum clearances was compared with that of wagons on trolleys with nominal clearances at the same nodes. The article shows that the presence of a combination of irregularities in the vertical plane and in the plan in the curved sections of the path leads to a further increase in frame forces for bogies with nominal clearances at speeds above 80 km/h; at maximum clearances and wear, the force values do not change.

Based on the results of the research carried out, practical recommendations and basic measures to reduce the negative impact of track irregularities and improve the dynamic qualities of freight wagons are formulated.

Keywords. Freight car, trolley, physical condition, railway track, irregularities, dynamic characteristics, analysis, recommendations.

Редакцияға түсті / Поступила в редакцию / Received 28.08.2024
Жариялауға қабылданды / Принята к публикации / Accepted 17.12.2024