

- проход в сцепе по сортировочным горкам и (или) аппарели съезда;
- сцепление в криволинейных участках пути;
- сцепление единиц подвижного состава для передачи сил в режимах тяги и торможения;
- допустимый тормозной путь при экстренном торможении;
- выполнение требований пожарной безопасности;
- санитарно-эпидемиологическую и экологическую безопасность;
- электромагнитную совместимость электрооборудования в части безопасности работы приборов и оборудования;
- электромагнитную совместимость электрооборудования с устройствами железнодорожной автоматики и телемеханики, железнодорожной электросвязи;
- безопасность и надежность работы электрооборудования при номинальных и граничных режимах электроснабжения;
- безопасность конструкции грузовых, почтовых и багажных вагонов при погрузке и разгрузке с применением средств механизации;
- отсутствие непредусмотренных конструкторской документацией касаний составных частей между собой, способных привести к их повреждению.

Маркировка железнодорожного подвижного состава должна включать:

- единый знак обращения продукции на рынке ЕАЭС;
- наименование изготовителя или его товарный знак;
- наименование изделия, обозначение серии или типа, номер;
- дату изготовления;
- массу тары вагона или служебную массу;
- конструкционную скорость;
- табличку или надпись о проведенных ремонтах;
- грузоподъемность (для грузовых, почтовых и багажных вагонов);
- число мест для пассажиров.

Железнодорожный подвижной состав выпускается в обращение при наличии руководства по эксплуатации, которое включает сведения о конструкции, принципе действия, характеристиках железнодорожного подвижного состава и указания, необходимые для правильной и безопасной эксплуатации и оценки технического состояния при определении необходимости отправки в ремонт, а также сведения по утилизации.

Список литературы

1 Договор о Евразийском экономическом союзе (подписан в г. Астане 29.05.2014) ; ред. от 08.05.2015 (с изм. и доп., вступ. в силу с 12.02.2017) [Электронный ресурс] : сайт Евразийской экономической комиссии. – Режим доступа : <http://www.eurasiancommission.org/>. – Дата доступа : 07.07.2020.

2 ТР ТС 001/2011. О безопасности железнодорожного подвижного состава / Евразийская экономическая комиссия. – Минск : Госстандарт – БелГИСС, 2012. – 52 с.

3 ТР ТС 002/2011. О безопасности высокоскоростного железнодорожного транспорта / Евразийская экономическая комиссия. – Минск : Госстандарт. – БелГИСС, 2012. – 50 с.

4 ТР ТС 003/2011. О безопасности инфраструктуры железнодорожного транспорта / Евразийская экономическая комиссия. – Минск : Госстандарт – БелГИСС, 2012. – 38 с.

5 ТР ТС 032/2013. О безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением : принят от 02.07.2013 г. № 41 / Евразийская экономическая комиссия. – Минск : Госстандарт, 2013. – 33 с.

УДК 625.03

АНАЛИЗ СИЛ, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА ПОРОЖНИЙ ВАГОН, ПРИ ВПИСЫВАНИИ В КРИВЫЕ УЧАСТКИ ПУТИ

Е. Г. ЛЕОНЕНКО

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Красноярск, Российская Федерация

Проблема сходов подвижного состава и безопасности движения всегда привлекала повышенное внимание ученых и руководителей железнодорожного транспорта. Она никогда не выпадала из по-

ля зрения проектно-конструкторских и научных организаций при разработке и проектировании подвижного состава и конструкции пути, создании технического обслуживания и ремонта для повышения и обеспечения устойчивого движения поездов, выработке технических решений по сокращению сходов.

При вписывании вагона в кривую, на колесную пару в точке контакта с рельсом прикладывается целый ряд сил – переменных, постоянных, сил сопротивления, действующих в различных направлениях, причем направление их действия может меняться [3]. Одна часть сил действует, когда тележка находится в состоянии покоя, другая возникает в процессе взаимодействия рельсовой колеи и колес вагона. Действие этих сил для всех колесных пар вагона и тележки и их взаимодействие с рельсовой колеей является решающим для определения степени безопасности от схода с рельсов набегающих и свободно двигающихся колесных пар.

В качестве условий равновесия вагона необходимо выполнить уравнения моментов и составляющих сил:

– уравнение продольных сил

$$F + \sum_{j=k}^k V_{ij} - F_{\text{тр}}(\sin\alpha \sin\alpha) = 0;$$

– уравнение поперечных сил

$$\sum_{j=k}^k H_{ij} - F_{\text{тр}}(\sin\gamma \cos\gamma) = 0;$$

– уравнение вертикальных сил

$$-F_{\text{тр}}\cos\gamma - \sum_{j=k}^k P_{ij} = 0;$$

– уравнение моментов относительно поперечной оси

$$Ft_1 + \sum_{j=k}^k P_{ij}b - \sum_{j=k}^k H_{ij}t = 0;$$

– уравнение моментов относительно вертикальной оси

$$-Fa_{\text{кп}} + M_{\text{кр}} + \sum_{j=k}^k H_{ij}b - \sum_{j=k}^k V_{ij}a_{\text{кп}} = 0.$$

В процессе движения вагона в точке контакта колеса и рельса происходят постоянные изменения горизонтальных поперечных и вертикальных сил, что значительно усложняет определение этих сил в определенный момент времени. Поэтому для более точного расчета сил, действующих на вагон при движении в кривом участке пути, экипаж рассматривается в статическом равновесии.

При определении сил в точке контакта колеса и рельса был учтен ряд особенностей [1]:

- колеса в колесной паре (левое и правое) имеют жесткое соединение на оси;
- колесные пары объединены в общую раму, что не позволяет им перемещаться относительно друг друга;

- профиль колеса, который состоит из основных элементов поверхности катания: образующей конической поверхности и переход к гребню различных радиусов, а также на гребне – образующая конической поверхности гребня и различного радиуса переход к вершине гребня;

- головка рельса также имеет сложный профиль, состоящий из элементов различных радиусов.

В качестве примера были выбраны три кривые в которых произошли сходы вагонов внутрь кривой. Полученные значения представлены на рисунке 1.

В результате расчетов скоростей выполнен анализ зависимости перехода в положение свободной установки от возвышения наружного рельса h_p и зазора 2δ между гребнем и рельсом для кривых разных радиусов. Во всех случаях существует зависимость зазора 2δ , причем, как показали расчеты, она возрастает с увеличением радиуса кривой.

Из анализа динамических паспортов можно сделать вывод, что тележки вагонов в интервале допустимых скоростей от 0 до 80 км/ч находятся в положении наибольшего перекоса. Следует отметить, что в положении наибольшего перекоса образуется момент, приводящий к дополнительному развороту вагона в колее и созданию условий для сдвига.

Для кривых больших радиусов характерна большая зависимость от возвышения наружного рельса ввиду малой центробежной силы, которая сопоставима или меньше центростремительной силы, обусловленной возвышением наружного рельса.

Можно сделать вывод, что чем больше зазор между колесом и рельсом и чем меньше возвышение наружного рельса, тем быстрее наступает положение свободной установки.

При увеличении зазора момент, вызывающий дополнительный разворот тележки внутрь кривой, становится меньше, тем самым снижается вероятность схода подвижной единицы. Исчезновению момента способствует увеличение зазора между внутренней гранью головки рельса и гребнем бандажа.

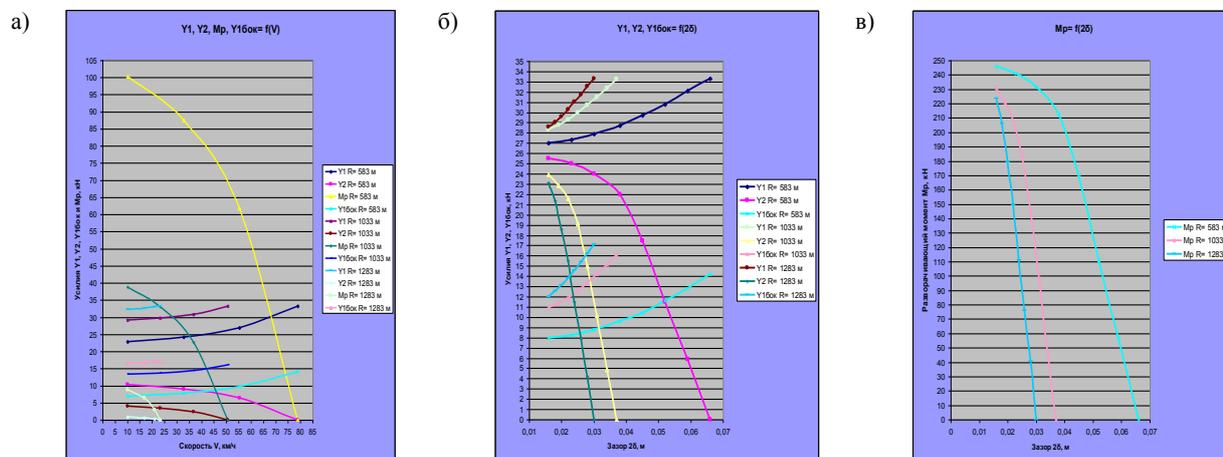


Рисунок 1 – Зависимости: а – усилий Y_1 , Y_2 , $Y_{1\text{бок}}$ и M_r от скорости v ; б – усилий Y_1 , Y_2 , $Y_{1\text{бок}}$ от зазора δ ; в – разворачивающего момента M_r от зазора δ

Увеличение зазора между первой по ходу колесной парой и внутренней гранью головки рельса от 16 до 66,2 мм ведет к увеличению направляющих усилий Y_1 от 27,03 кН до 33,3 кН при радиусе $R = 583$ м, для порожнего вагона – в 1,23 раза. Значения направляющих усилий Y_2 изменяются от 25,5 кН до 0 с увеличением в таких же пределах зазора; это означает, что подвижная единица быстрее переходит в положение свободной установки [2].

Как показали расчеты, численные значения поперечных горизонтальных усилий, действующие в плоскости контакта колес и рельсов малы и сами по себе никакой опасности при вписывании не представляют и схода вызвать не могут, даже при нахождении вагона в положении наибольшего перекаса. Значит, причину следует искать в соотношении сил давления в точке контакта колеса и рельса и горизонтальных поперечных усилий.

Список литературы

- 1 Леоненко, Е. Г. Взаимодействие пути и порожних грузовых вагонов при движении в прямых и кривых участках пути / Е. Г. Леоненко // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – Иркутск. – 2019. – Т. 63, № 3. – С. 148–154.
- 2 Николаев, В. А. Причины схода порожнего подвижного состава на Красноярской и Восточно-Сибирской железных дорогах / В. А. Николаев, Е. П. Капустина, Е. Г. Леоненко // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. – Екатеринбург. – 2019. – № 1 (41). – С. 47–53.
- 3 Леоненко, Е. Г. Анализ сходов порожних вагонов на Красноярской и Восточно-Сибирской железных дорогах / Е. Г. Леоненко // Инновационные технологии на железнодорожном транспорте : труды XXII Межвузовской науч.-практ. конф. КРИЖТ ИрГУПС. – Красноярск : КРИЖТ, 2018. – С. 35–39.

УДК 621.3.035.138

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПОКРЫТИЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ЛОКОМОТИВОВ, НА ОСНОВЕ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ХРОМА, МОДИФИЦИРОВАННОГО НАНОРАЗМЕРНЫМИ ПРОДУКТАМИ ИМПУЛЬСНОЙ ЛАЗЕРНОЙ АБЛЯЦИИ КРЕМНИЯ В ВОДНОЙ СРЕДЕ

С. Д. ЛЕЩИК, А. С. ГОНЧАРОВ

Гродненский государственный университет им. Янки Купалы, Республика Беларусь

Введение. Предельный износ многих деталей локомотивов (втулки цилиндры дизеля, поршни дизеля, плунжерные пары, посадочные поверхности валов и т. п.) составляют десятые и сотые доли