

В подтверждение правильности выбора оптимального тока наплавки была получена зависимость твердости наплавленных слоев от тока, которая показала, что твердость при токах 200–250 А составляет порядка 50–52 HRC, что говорит о высокой износостойкости.

Таким образом, разработанная технология восстановления подбоек путевых машин типа ВПР–08 методом ручной дуговой наплавки позволяет восстановить и увеличить износостойкость подбоек более чем в 2 раза.

Список литературы

- 1 **Бодров, Ю. М.** Путевые машины фирмы «Плассер и Тойрер» / Ю. М. Бодров. – Минск : Белорусская железная дорога, 2007. – 162 с.
- 2 **Болховитинов, Н. Ф.** Атлас макро- и микроструктур металлов и сплавов / Н. Ф. Болховитинов, Е. Н. Болховитинова. – М. : МАШГИЗ, 1959. – 88 с.
- 3 **Кочева, Г. Н.** Наплавка износостойких поверхностей / Г. Н. Кочева. – М. : МАШГИЗ, 1963. – 59 с.
- 4 **Федин, А. П.** Современные методы наплавки / А. П. Федин. – Гомель : БИИЖТ, 1969. – 43 с.

УДК 629.4.015

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЗАЗОРОВ В МЕЖВАГОННЫХ СОЕДИНЕНИЯХ ПОЕЗДА НА ПРОДОЛЬНЫЕ СИЛЫ В АВТОСЦЕПКАХ ПРИ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОМ ТОРМОЖЕНИИ

П. А. САХАРОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Существенное влияние на продольно-динамические силы в поездах оказывают зазоры в межвагонных соединениях, которые согласно экспериментальным исследованиям для нового грузового подвижного состава составляют около 40–45 мм, а после длительной эксплуатации могут достигать 100 мм. При отсутствии зазоров управляющее воздействие со стороны локомотива (сила тяги или электродинамического торможения) передается от вагона к вагону упруго, приводя к плавному изменению их скоростей и ускорений и постепенному увеличению продольных сил в автосцепках. При этом их максимальная величина в однородных по массе поездах практически не превышает силы управляющего воздействия, а в неоднородных может превышать на 20 % и более [1]. Иная картина наблюдается при наличии зазоров в межвагонных соединениях. В случаях проявления зазоров взаимодействие локомотива с первым вагоном и вагонов между собой носит ударный характер. При этом в начальный момент в ударе участвуют только локомотив и первый вагон. Далее, двигаясь как единая упругая система, они соударяются со вторым вагоном, с третьим и так далее. То есть по мере распространения по длине поезда в соударении принимает участие всё большая его масса, вызывая увеличение максимальных продольных сил. Ударное взаимодействие вагонов способно привести к разрыву автосцепки при действии растягивающих сил, ее излому при сжатии, а вызванный ударами рост упругих сил длительного действия – соответственно к выдергиванию или выжиманию вагонов из рельсовой колеи. Поскольку в настоящий момент не представляется возможным обеспечить отсутствие зазоров в межвагонных связях грузовых поездов, масса которых из соображений экономической целесообразности увеличивается, актуален вопрос исследования их влияния на рост продольно-динамических сил и выработка рекомендаций по их снижению.

Целью работы является оценка влияния зазоров на продольно-динамические силы в межвагонных соединениях грузового поезда при электродинамическом торможении. Для решения поставленной задачи разработана компьютерная модель, учитывающая контактное взаимодействие автосцепок и обеспечивающая возможность моделирования движения поезда с различным количеством вагонов, отличающихся массой, величиной зазоров в связях, типом поглощающих аппаратов. Математическое описание указанной модели рассмотрено в работе [2]. С помощью модели произведен ряд вычислительных экспериментов, постановка которых и полученные результаты представлены ниже.

На первом этапе определена продольная динамика предварительно сжатых перед торможением поездов. Сформирован состав из 80 груженых и 20 порожних вагонов, расположенных в голове по-

езда. Масса груженных вагонов – 100 т, а порожних – 20 т. Все вагоны оборудованы поглощающими аппаратами с одинаковой максимальной энергоемкостью 100 кДж при конструкционном ходе 120 мм, но отличающимися в различных экспериментах линией нагрузки силовых характеристик. В первом случае линия нагрузки соответствует так называемой жесткой силовой характеристике, во втором – линейной, а в третьем – мягкой. Тормозная сила 500 кН возрастает до максимального значения за одну секунду. Рассмотрены варианты торможения поездов с межвагонными соединениями без зазоров, а также с зазорами 25–75 мм. Результаты расчетов показали незначительное отличие продольных сил в межвагонных соединениях с зазорами от соответствующих сил в поездах без зазоров. Различие максимальных сил не превышает десятых долей одного процента почти во всех автосцепках за исключением последних. Перед хвостовыми вагонами при наличии зазоров возникают ударные силы в процессе оттяжки поезда. Их значение невелико, однако возрастает в направлении последних вагонов. Наличие зазоров имеет также положительный эффект, приводящий к снижению продольных сил растяжения в хвостовой части состава. Это происходит за счет того, что вагоны при оттяжке совершают свободное движение в пределах зазоров вместо участия в процессах упругого растяжения поезда. Аналогичные расчеты произведены для других значений тормозной силы и времени ее увеличения до максимального значения. С увеличением времени нарастания тормозной силы отличия продольно-динамического взаимодействия вагонов в поездах с зазорами и без зазоров уменьшаются. На основании этого можно сделать вывод, что для предварительно сжатых перед торможением поездов, оборудованных межвагонными соединениями с зазорами, справедливы закономерности, ранее полученные для поездов без зазоров в связях. Таким образом, в рамках рассматриваемой задачи наибольший интерес вызывает исследование полностью или частично растянутых перед торможением поездов.

На следующем этапе исследовано торможение растянутых поездов. Рассмотрено торможение однородных поездов с составом из 100 вагонов массой по 100 т с зазорами в связях 50 мм. Поглощающие аппараты приняты такими же, как в предыдущих вычислительных экспериментах. Тормозная сила 500 кН нарастает в течение одной секунды. Результаты показали, что для всех поездов характерно возникновение продольно-динамических сил ударного характера, приводящих к высокочастотным упругим колебаниям, амплитуда которых зависит от упругих свойств амортизаторов. Так, при жестких характеристиках силы ударного характера превысили тормозную силу на 68 %, при линейных – на 42 %, а при мягких – на 35 %. Вместе с тем снижение сил ударного характера приводит к некоторому росту упругих сил действием более 2 с, достигающих значений 550 кН. При этом наблюдается рост продольных растягивающих сил, возникающих в последней трети состава вследствие оттяжки поезда. Сравнение представленных результатов с результатами расчетов, полученными для поездов без зазоров, показало, что наличие зазоров приводит к возникновению и росту продольных сил ударного характера, распространяющихся вдоль состава и растущих от головы поезда к его хвосту. Основное действие зазоров проявляется в ходе первого продольного колебания поезда, а при дальнейших его колебаниях влияние на формирование продольных сил оказывают упругие свойства амортизаторов. Аналогичные расчеты для поездов с зазорами 25–100 мм показали, что наличие зазоров и их величина практически не влияют на частоту и амплитуду собственных упругих колебаний поезда, а максимальные силы ударного характера увеличиваются пропорционально величине зазора. При увеличении зазора наблюдается рост продольных сил ударного характера при оттяжке поезда в хвостовой части состава. При этом возрастают как силы растяжения, так и возникающие за ними силы сжатия. Наибольшие растягивающие силы наблюдаются в поездах с поглощающими аппаратами, обладающими мягкими силовыми характеристиками.

Рассмотрено торможение неоднородных по массе поездов. Состав сформирован из 50 порожних и 50 груженных вагонов массой 24 и 100 т соответственно. Порожние вагоны расположены с 1-го по 25-й и с 51-го по 75-й. Тормозная сила нарастает в течение одной секунды. Результаты показали, что общим для всех поездов, независимо от типа используемых поглощающих аппаратов, является рост максимальных сил ударного характера, пропорциональных величине зазоров, а также увеличение упругих сил. Характерной особенностью последних является то, что они превышают соответствующие силы в поездах без зазоров на 15–25 % и с ростом зазоров изменяются незначительно по величине и значительно по длительности действия. Наибольшие силы сжатия возникают между груженными вагонами, а наименьшие – между порожними. Как показал анализ результатов, это связано с тем, что между порожними вагонами силы ударного характера проявляются в гораздо мень-

шей степени, чем между груженными. Неоднородность поезда по массе также повлияла на распределение продольных сил растяжения, возникающих при оттяжке поезда.

Таким образом, результаты расчетов показали, что возможные в эксплуатации зазоры в межвагонных соединениях величиной до 100 мм могут привести к росту упругих сил действием более 2 с на 15–25 % относительно тормозной силы, а сил ударного характера – на величину до 120 %. При этом прослеживается близкая к линейной зависимость максимальной силы от величины зазора в автосцепках. В ходе дальнейших исследований определено, что эффективным способом снижения продольных сил является плавное увеличение тормозной силы до максимального значения.

Список литературы

1 Шимановский, А. О. Моделирование продольной динамики поезда в среде программного комплекса MSC.ADAMS / А. О. Шимановский, П. А. Сахаров, А. В. Коваленко // Актуальные вопросы машиноведения. – 2018. – № 7. – С. 75–78.

2 Сахаров, П. А. Расчетно-экспериментальный метод исследования продольной динамики поезда / П. А. Сахаров // Механика. Исследования и инновации : междунар. сб. науч. тр. – 2020. – № 13. – С. 128–140.

УДК 629.4

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОДНЯТИЯ КОЛЕСНОЙ ПАРЫ ТЕПЛОВОЗА НАД ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМИ РЕЛЬСАМИ ПРИ ЕЕ ВЫВЕШИВАНИИ

А. В. ТИМОШЕНКО

Гомельское отделение Белорусской железной дороги, Локомотивное депо

Е. Н. ВОЛНЯНКО

*Институт механики металлополимерных систем им. В. А. Белого
Национальной академии наук Беларуси, г. Гомель*

Анализ состояния безопасности движения в локомотивном хозяйстве показывает рост событий, связанных с нарушением правил безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта, за период с 2019 года по настоящее время. В результате допущенных событий, связанных с нарушением безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта 72,7 % занимают неисправности железнодорожного подвижного состава, в результате которых допущена задержка поезда на 1 час и более. Одними из наиболее сложных по устранению последствий задержки поездов являются события по причине заклинивания колесно-моторного блока вследствие разрушения якорных подшипников тягового электродвигателя или разрушение буксового узла. В данном случае освобождение перегона из-за невозможности следования локомотива самостоятельно или со вспомогательным локомотивом занимает значительное время и приводит к задержке поездов по влиянию, неисполнению графика движения и увеличению непроизводительных потерь. В отдельных случаях освобождение перегона занимает более 7 часов. Также устройство применимо при осмотре колесной пары без выкатки из-под подвижного состава для определения технического состояния, которое включает в себя визуальный контроль и измерение геометрических параметров бандажей, измерение параметров обнаруженных дефектов, проверку посадки бандажей и бандажных колец, нагрев подшипниковых узлов без постановки локомотива на ремонтные позиции.

На сегодняшний день известно несколько способов транспортировки подвижного состава с заклиниванием колесной пары: применение транспортных тележек, вывешивание колесной пары с использованием двух ручных рычажно-гидравлических домкратов, грузоподъемностью 25 т.

Данные способы имеют ряд недостатков, в частности, для установки рычажно-гидравлических домкратов необходима подготовка горизонтальной поверхности земляного полотна, применение специализированных подставок, позволяющих выставить домкрат под корпус буксового узла колесной пары локомотива. С целью устойчивого положения гидравлические домкраты нужно устанавливать на специальные опорные пластины, которые должны укладываться на ровную и твердую поверхность с наружной стороны железнодорожных рельсовых путей на краю шпал. Работнику во избежание соскальзывания колесной пары при ее подъеме с домкратов необходимо точно выставить штоки домкратов в месте опоры колесной пары. Подъем колесной пары двумя домкратами выполняется одновременно для сжатия пружин рессорного подвешивания до соприкосновения витков пружин, после чего производится крепление колесной пары за раму тележки для ее вывешивания.