

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

УДК 625.1.031:629.464.247

В. С. КОССОВ¹, А. Л. БИДУЛЯ^{1*}, О. Г. КРАСНОВ¹, М. Г. АКАШЕВ¹

^{1*}ОАО «ВНИКТИ», ул. Октябрьской революции, 410, Коломна, Российская Федерация, 140402, тел. +7 (496) 618 82 48, факс +7 (496) 618 82 27, эл. почта vnikti@ptl-kolomna.ru

¹ОАО «ВНИКТИ», ул. Октябрьской революции, 410, Коломна, Российская Федерация, 140402, тел. +7 (496) 618 82 48, факс +7 (496) 618 82 27, эл. почта vnikti@ptl-kolomna.ru

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКИ-СИЛОВОГО МЕТОДА ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПУТИ

Цель. Исследование возможности применения геометрически-силового метода для определения сходоопасных участков железнодорожного пути при движении порожних вагонов. Программой испытаний предусмотрено диагностирование пути с учетом продольных сил в грузовом поезде, действующих на порожние вагоны. **Методика.** Порожние вагон-минераловоз и вагон-термоцистерна были оборудованы тензометрическими колесными парами, тензометрическими автосцепками и другими измерительными приборами и введены в состав грузового поезда массой 4 500 т. **Результаты.** В работе показано, что часть сходоопасных участков пути не выбраковывают традиционными способами, базирующимися на оценке геометрических параметров пути. В ходе выполненных исследований установлено, что геометрически-силовой метод позволяет получать дополнительную информацию о состоянии пути с позиции устойчивости порожних вагонов против схода. Этим методом выявляются участки пути, которые не могут быть оценены техническими средствами, применяемыми в настоящее время на вагонах-путеизмерителях. Участки пути с низкими параметрами по устойчивости порожних вагонов против схода являются индивидуальными и определяются не только размерами отступлений, но и их формой, сочетанием разных типов неровностей, профилем и дефектностью элементов верхнего строения пути. **Научная новизна.** Геометрически-силовой метод необходимо рассматривать как дополнительный к существующей технологии оценки состояния пути по геометрическим параметрам, внедрение которого позволит выявлять сечения пути, опасные для движения порожних вагонов. **Практическая значимость.** Для внедрения геометрически-силового метода оценки состояния пути на сети железных дорог ОАО «РЖД» предлагается на базе накопленных статистических и экспериментальных данных по испытаниям вагонов с повышенным центром тяжести разработать специализированное программное обеспечение для вагонов-путеизмерителей, исключающее применение в технологии оценки пути дополнительного грузового вагона с тензометрическими колесными парами.

Ключевые слова: тензометрическая колесная пара; диагностический поезд; сходоопасное сечение пути; порожние вагоны; безопасность движения

Введение

Оценка состояния пути на железных дорогах ОАО «РЖД» производится по геометрическим показателям рельсовой колеи путем фиксации степеней отступлений от установленных допусков. Каждое отступление имеет оценку по

баллам и увязано с динамическим взаимодействием подвижного состава и интенсивностью накопления остаточных деформаций пути. Вместе с тем силы, которые возникают при взаимодействии колеса с рельсом, зависят не только от величины неровности, но и от ее

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

форми, длины волны, от того, одиночная сила или периодически повторяющаяся. Так, несимметричные просадки оказывают более вредное влияние на динамику вагона, нежели симметричные, поскольку вызывают боковую качку вагона, а это приводит к снижению коэффициента запаса устойчивости колес на рельсах. Использование только геометрических характеристик отдельных неровностей не может дать полной оценки состояния пути, поскольку при одинаковой геометрии жесткость пути может быть различной, а это определяет разницу в величинах сил взаимодействия пути и подвижного состава. Поэтому состояние пути целесообразно оценивать не только по его геометрическим показателям, но и по показателям взаимодействия пути и подвижного состава, от значения которых зависят безопасность движения и интенсивность накопления в пути деформаций. К числу таких показателей, с точки зрения безопасности движения, относятся силы взаимодействия колес и рельсов, а также коэффициенты динамики подвижного состава, определяющие устойчивость колеса против вкатывания гребня на головку рельса.

Цель

Наиболее эффективным методом оценки устойчивости вагонов против схода является контроль силовых факторов, действующих непосредственно в зоне контакта колеса с рельсом.

В 50-е годы прошлого века профессором М. Ф. Вериго [1] был предложен метод оценки вертикальных и боковых сил в зоне контакта колеса с рельсом по деформациям диска колеса. Этот метод получил развитие как в отечественной, так и в зарубежной практике.

Центром транспортной техники и технологии ТТСИ (США) разработан метод контроля схода опасных участков железнодорожного пути по динамическим характеристикам движения поезда с использованием нейронных сетей – РВТГ. Метод предусматривает испытания грузовых вагонов, оборудованных тензометрическими колесными парами, совместно с вагон-путеизмерителем на маршрутах железных дорог. Полученные показатели взаимосвязи силовых факторов и геометрических неровностей входят в состав базы данных для «обучения» искусственных нейронных сетей. Для кон-

кретного типа подвижной единицы «обученные» нейронные сети напрямую связывают трехмерную геометрию пути и скорость движения с динамическими характеристиками движения подвижного состава, распознают сложные изображения и нелинейные связи между множеством входных сигналов и одиночным выходным сигналом [2].

Методика

Для обнаружения схода опасных сечений железнодорожного пути геометрически-силовым методом ВНИКТИ изготовлены два диагностических вагона: один на базе термостерны, другой на базе минераловоза. Каждый вагон оборудован тензометрической колесной парой (рис. 1) – тензометрической авто сцепкой (ТА), измерительными приборами для регистрации вертикальных ($ВУ_1$) и поперечных ($ГУ_1$) ускорений кузова, прогибов пружин рельсовых комплектов ($ПР_1, ПР_2$), рамных сил ($УР_1, УР_2$), поворота тележки относительно рамы вагона ($ГОТ_1$), датчиками пройденного пути (ДПП). Основными измерительными приборами являлись тензометрические колесные пары (ТКП) с системой бесконтактной передачи информации от вращающейся оси, позволяющие регистрировать вертикальные и боковые силы в зоне контакта колеса с рельсами.

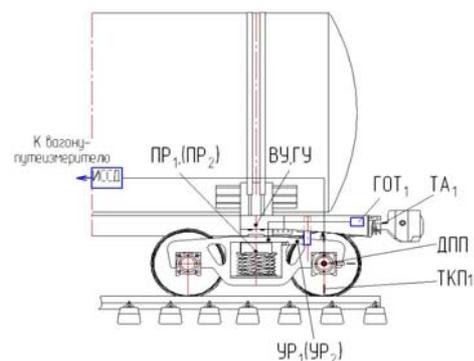


Рис. 1. Схема оборудования вагонов измерительными приборами

В конструкции ТКП использованы стандартные вагонные колесные пары, на дисках которых расположены измерительные схемы, состоящие из двух включенных в полумостовую схему тензорезисторов. На ТКП с четырьмя измерительными каналами на каждом диске колесной пары располагаются по четыре полумос-

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

товые тензометрические схемы: две для измерения вертикальных сил, две – для боковых. Каждая измерительная схема регистрирует по два значения силовых факторов за оборот колеса – в момент, когда тензодатчики располагаются перпендикулярно поверхности качения рельса.

Информативные значения вертикальных сил равны экстремумам функций сигналов, что соответствует моменту наезда диска колесной пары на рельс в точке установки датчика вертикальной силы. Информативными значениями боковых сил являются значения, одновременные величинам вертикальных сил тензорезисторов в створе.

В процессе выполнения исследований разработано программное обеспечение, позволяющее:

- определять вертикальные и боковые силы в зоне контакта колеса с рельсом и выполнять расчеты коэффициентов запаса устойчивости колеса против схода с рельса в автоматическом режиме;

- оценивать время контактирования колеса с рельсом и тем самым определять период действия неблагоприятных силовых факторов.

Для оценки судоопасных сечений пути геометрически-силовым методом проведены эксплуатационные испытания диагностического поезда. Они осуществлялись в два этапа. На первом этапе сформирован диагностический поезд, в состав которого входил вагон-минераловоз и вагон-термоцистерна, вагон-лаборатория, вагон-путеизмеритель КВЛ-ПЗ,0 с расширенными функциональными возможностями (рис. 2).

В составе данного поезда выполнено диагностирование пути по маршруту Голутвин–Воскресенск–Куровская–Вековка–Муром–Арзамас–Казань–Агрыз–Красноуфимск–Свердловск–Челябинск общей протяженностью около 1 880 км.

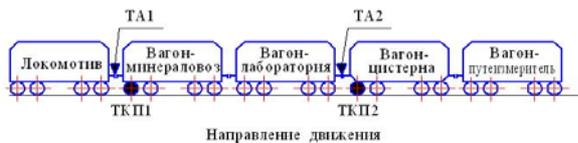


Рис. 2. Схема диагностического поезда

По прибытии диагностического поезда на ст. Челябинск был сформирован грузовой поезд

массой 4 500 т, в последнюю треть которого были включены вагон-путеизмеритель КВЛ-ПЗ,0 – третий «с хвоста», вагон-лаборатория – седьмой «с хвоста», вагон-термоцистерна – шестой «с хвоста», вагон-минераловоз – двенадцатый «с хвоста» (рис. 3).

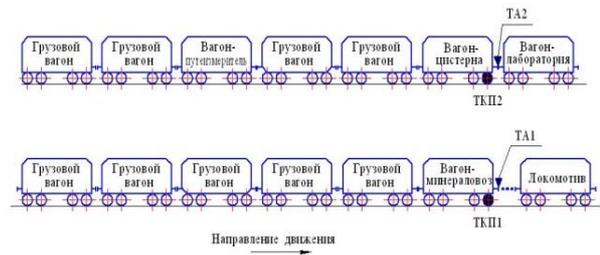


Рис. 3. Схема установки вагонов-объектов, вагона-путеизмерителя, вагона-лаборатории в составе грузового поезда

В составе грузового поезда диагностирование выполнено по маршруту Челябинск–Уфа–Самара–Сызрань–Пенза–Рязань–Рыбное общей протяженностью 1 940 км.

Результаты

В результате работы диагностического поезда выявлено 44 сечения пути, на которых наблюдалось снижение запаса устойчивости колеса против схода с рельса менее 1 ($K_y < 1$) на расстоянии, пройденном колесом при действии неблагоприятных силовых факторов, более 1 м ($l > 1$ м).

Ниже представлены наиболее характерные сечения пути, на которых были зарегистрированы силовые факторы, опасные для движения порожних грузовых вагонов.

При движении диагностического поезда по II главному пути перегона Венец–Нухтолово Горьковской ж.д. на 324-м м 366-го км наблюдалось снижение коэффициента запаса устойчивости против схода колеса с рельса K_y до 0,9 на расстоянии, пройденном колесом при действии неблагоприятных силовых факторов, 1,2 м.

Анализ силовых факторов, действующих в указанных сечениях, показал:

- указанное сечение расположено в зоне сопряжения переходной и круговой кривой $R 663$ м с возвышением $h = 85$ мм;

- движение выполнялось со скоростью $V = 56$ км/ч;

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

– в указанной зоне имело место сочетание рихтовки Р 2 39 23 (321 м) с просадками Пр.л. 2 22 4 (314 м), Пр.п. 2 20 4 (313 м).

Следует отметить, что имеющиеся отступления являются близкими к предельным для II степени и в сочетании со сложным профилем пути определяют данное сечение как сходаопасное.

Анализ динамических параметров диагностического вагона-термоцистерны показал, что уровни вертикальных и горизонтальных ускорений кузова, уровни рамных сил, прогибы пружин рессорных комплектов, углы поворота тележки с ТКП относительно кузова имели значения ниже нормированных.

На перегоне Сергач–Андосово Горьковской ж.д. при движении диагностического поезда по II главному пути на 542-м км со скоростью $V = 50$ км/ч имело место сечение пути, в котором коэффициент запаса устойчивости колеса K_y снизился до 0,93 на расстоянии, пройденном колесом при действии неблагоприятных силовых факторов, до $l \approx 1,5$ м, что определяет данное сечение как сходаопасное.

Анализ геометрических параметров пути и силовых факторов показал:

– при движении вагона-термоцистерны на 802-м метре 542-го км произошло частичное обезгруживание колеса ТКП до 2,3 тс с 4 тс при одновременном повышении боковой силы до 2,5 тс;

– движение происходило в круговой кривой $R = 652$ м при возвышении $h = 110$ мм со скоростью $V = 50$ км/ч;

– на круговом участке кривой с 451-го м по 997-й м имелось 52 отступления II и III степеней, в том числе: по уширению – 31 отступление II степени; 6 отступлений III степени; по рихтовкам – 6 отступлений II степени; по перекосам – 4 отступления II степени; по просадкам – 2 отступления II степени.

В сечении с низким значением K_y имела место рихтовка Р 2 27 30 с последовательно расположенным уширением Уш 2 1538 2 1, Уш 2 1538 9 3, Уш 3 1539 5 2.

Причиной снижения K_y явилось близкое к предельному уширение рельсовой колеи до 1 538...1 542 мм, приводящее к вилянию порожних вагонов, вызывающему периодическое увеличение боковых сил до 2 тс и более.

Наличие рихтовки Р 2 27 30 привело к повышенным значениям боковых сил до 2,5 тс

(три пика) с частичным обезгруживанием набегающего колеса. Таким образом, близкое к предельному уширение колеи в кривой в сочетании с отступлением в плане II степени Р 2 27 30 определило сечение пути, в котором возникли силовые факторы, опасные для движения порожних грузовых вагонов.

На перегоне Андосово–Пильна Горьковской ж.д. при движении диагностического поезда по II главному пути на 550-м км произошло снижение K_y до 0,72 на расстоянии, пройденном колесом при действии неблагоприятных факторов, до 1,2 м.

Анализ силовых факторов и геометрических неровностей железнодорожного пути показал:

– движение вагона-термоцистерны происходило в кривой $R = 568$ м с возвышением наружной рельсовой плети $h = 110$ мм при $V = 54$ км/ч. В круговой части и начале переходной кривой имели место уширения колеи с изменением последней до 3...3,5 мм на 1 м: Уш 2 1538 7 2, Уш 2 1535 3 1, Уш 1535 3 1. Далее поезд двигался по S-образной кривой через прямую вставку длиной 25 м. Перед прямой вставкой в переходной кривой имелся перекоп II 2 12 13, в зоне прямой вставки имелось сужение Суж 2 1513 4 1. На данном участке пути наблюдалось периодическое повышение боковых сил до 2...2,5 тс с расстоянием между вершинами, пик которого до 13...15 м, что связано с колебаниями виляния вагона.

Значения боковых сил определялись интенсивностью виляния вагона, которая непосредственно связана с шириной колеи. При периодическом повышении значений боковых сил до 2...2,5 тс для случаев синхронного действия повышенной боковой силы и частичного обезгруживания колес происходило периодическое снижение коэффициента устойчивости K_y до 0,72...0,9.

При наличии в кривом участке пути совместно с уширением рельсовой колеи до 1 538...1 545 мм отступлений в виде перекопов и рихтовок II степени, их последовательностей и сочетаний возникают периодические повышения боковых сил с синхронным обезгруживанием колес вагонов с повышенным центром тяжести.

В отдельных случаях это определяло снижение коэффициента запаса устойчивости K_y ниже 1 при времени действия неблагоприятных

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

факторов, достаточном для вкатывания гребня колеса на головку рельса.

При проезде на проход стрелочного перевода № 4 по станции Ильшовка Свердловской ж.д. на 16-м м 1 582-го км при скорости движения диагностического поезда $V = 82$ км/ч имело место снижение коэффициента устойчивости K_y до 0,6 при расстоянии $\ell > 1$ м, пройденном при действии неблагоприятных силовых факторов.

Анализ силовых факторов показал, что причиной снижения K_y явилось повышение боковой силы до $H_8 = 2,8$ тс с одновременным частичным обезгруживанием набегающего колеса до 1,58 тс.

По лентам вагона-путеизмерителя установлено, что сечение, на котором произошло снижение K_y , характеризуется наличием 7 отступлений II и III степени на длине 40 м (0...37 м). Имели место следующие отступления: Р 3 37 30 (9 м), Пр.п. 2 12 5 (11 м), Пр.л. 2 12 5 (12 м), П 3 18 16 (22 м), Пр.п. 2 12 4 (26 м), Пр 2 13 4 (34 м), Р 3 22 33 (37 м). При визуальном осмотре установлено, что участок, на котором выявлено сечение с низким K_y , расположен в зоне контррельсов стрелочного перевода марки 1/11, на участке по левой рельсовой нити имеется четыре «выплеска».

Таким образом, высокая концентрация отступлений III, II степеней (7 отступлений на 40 м) в виде рихтовок, просядок, перекосов на прямом участке пути при скорости движения более $V = 70$ км/ч может вызвать силовые факторы, опасные для движения порожних грузовых вагонов.

Анализ сечений пути, опасных для движения порожних вагонов, показал, что имеются типовые участки, вероятность возникновения в которых сходаопасных сечений наиболее высока, в частности в кривых участках пути при сверхнормативном уширении (уширения III, IV степеней). Последнее определяет интенсивные колебания виляния порожних вагонов с частотой $\sim 1,4...1,6$ Гц, которые приводят к значениям боковых сил от 2,5...3 тс. Наличие в указанной кривой отступлений в виде перекосов, рихтовок и их сочетаний может приводить к частичному обезгруживанию колес. В случае синхронного действия боковой силы и обезгруживания колес имеют место случаи снижения $K_y < 1$ при времени действия неблагоприятных силовых факторов, достаточном для вкатывания гребня колеса на головку рельса:

– в прямых вставках S-образных кривых, при сужении колеи менее 1 515 мм в сочетании с отступлениями II степени в виде перекосов или рихтовок, их сочетаний или последовательностей;

– при наличии сочетаний рихтовок, отступлений в плане II степени, предельных по величине к III степени, в переходных кривых, зонах сопряжения прямых с переходной кривой, переходной с круговой кривой;

– при высокой концентрации отступлений II, III степени (6 и более отступлений на 50 м) в виде рихтовок, перекосов, просядок, их сочетаний в разной последовательности на прямых участках пути и пологих кривых при скоростях движения более 50 км/ч;

– в случаях синхронного повышения продольной силы в процессе движения поезда, при одновременном взаимодействии колеса с геометрическими неровностями пути коэффициент устойчивости K_y может снижаться ниже 1 ($K_y < 1$), при времени действия неблагоприятных силовых факторов, достаточном для вкатывания гребня колеса на головку рельса.

Следует отметить, что имели место случаи, когда при наличии в прямых участках пути и пологих кривых ($R > 1800$ м) отступлений III и IV степени в виде рихтовок, перекосов, просядок, а также их сочетаний в разной последовательности, снижение K_y достигало 2...1,3 и не являлось критическим с позиций схода. Это подтверждает индивидуальность каждого конкретного сечения, учитывающую формы геометрических неровностей, их сочетание, взаимное расположение, профиль пути в плане и продольный профиль, уровни продольных усилий, возникающие в поезде в режимах трогания и торможения, соотношение профилей колес и рельсов и т.д.

Научная новизна и практическая значимость

Геометрически-силовой метод необходимо рассматривать как дополнительный к существующему. Его применение позволит выявлять сечения пути, опасные для движения порожних вагонов. Для внедрения данного метода для оценки состояния пути на сети железных дорог

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

ОАО «РЖД» предлагается на базе накопленных статистических и экспериментальных данных по испытаниям вагонов с повышенным центром тяжести разработать специализированное программное обеспечение для вагонов-путеизмерителей по оценке пути геометрически-силовым методом, исключая применение в технологии оценки пути дополнительного грузового вагона с тензометрическими колесными парами.

Выводы

В результате проведенных исследований установлено:

- геометрически-силовой метод позволяет выявлять сечения пути с коэффициентами запаса устойчивости, ниже нормируемых значений;
- участки пути с низкими значениями коэффициентов при устойчивости порожних вагонов против схода являются индивидуальными и определяются не только размерами отступлений по геометрии пути, но и их формой и сочетанием разных типов неровностей, что в настоящее время не учитывается при оценке пути существующими методами.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. К вопросу об устойчивости против вкатывания колеса на рельс для порожних грузовых вагонов / В. Д. Данович, В. В. Рыбкин, А. Г. Рейдемейстер и др. // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2004. – Вип. 3. – С. 90–96.
2. Коваль, В. А. Метод измерения динамических сил с большой дискретизацией по длине пути с помощью тензометрической колесной пары / В. А. Коваль, А. Н. Кажаяев // Решение задач взаимодействия подвижного состава и пути реального очертания : сб. науч. тр. – М., 1985. – С. 49–57.
3. Корженевич, И. П. Точность съемки плана железнодорожной колеи и пути ее повышения / И. П. Корженевич // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2009. – Вип. 27. – С. 116–120.
4. Коссов, В. С. Факторы устойчивости порожних вагонов / В. С. Коссов, В. В. Березин, В. А. Быков // Мир трансп. – 2012. – № 2. – С. 168–177.
5. Красков, О. Г. Как влияют продольно-динамические силы на устойчивость порожних вагонов / О. Г. Красков // Вагоны и вагонное хоз-во (прил. к ж-лу «Локомотив»). – 2012. – № 4. – С. 38–39.
6. Краснов, О. Г. Исследование устойчивости порожних вагонов при движении по искусственным неровностям / О. Г. Краснов, М. Г. Акашев // Вагоны и вагонное хоз-во (прил. к ж-лу «Локомотив»). – 2011. – № 4. – С. 38–40.
7. Краснов, О. Г. Оценка состояния пути геометрически-силовым методом на искусственных неровностях / О. Г. Краснов, М. Г. Акашев, В. М. Сасковец // Путь и путевое хоз-во. – 2012. – № 7. – С. 24–29.
8. Левинзон, М. А. Возможность и условия обращения грузовых вагонов с повышенными осевыми и погонными нагрузками (по данным диагностического поезда ВНИИЖТа) / М. А. Левинзон // Вестн. ВНИИЖТа. – 2002. – № 4. – С. 37–39.
9. Шафрановский, А. К. Непрерывная регистрация вертикальных и боковых сил взаимодействия колеса и рельса / А. К. Шафрановский // Тр. ВНИИЖТа. – 1965. – Вып. 308. – 96 с.
10. Development and implementation of performance-based track geometry inspection / D. Li, A. Meddah, K. Hass, S. Kalay // Proc. of Railway Engineering Conf. (28.06–29.06.2005). – Edinburgh : ECS Publications, 2005.
11. Johansson, A. Out-of-round railway wheels–wheel-rail contact forces and track response derived from field tests and numerical simulations / A. Johansson, J. C. O. Nielsen // Proc. of the Institution of Mechanical Engineers, Part. F: J. of Rail and Rapid Transit. – 2003. – Vol. 217, № 2. – P. 135–146.
12. Leong, J. Probabilistic analysis of train–track vertical impact forces / J. Leong, M. H. Murray // Proc. of the ICE-Transport. – 2008. – Vol. 161, № 1. – С. 15–21.
13. Mc Carthy, W. P. Track geometry measurement on Burlington Northern Railroad / W. P. Mc Carthy // Proc. SPIE the intern. society for optical engineering. – 1995. – 17 p.

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

В. С. КОССОВ¹, А. Л. БІДУЛЯ^{1*}, О. Г. КРАСНОВ¹, М. Г. АКАШЕВ¹^{1*}ВАТ «ВНДКТІ», вул. Жовтневої революції, 410, Коломна, Російська Федерація, 140402, тел. +7 (496) 618 82 48, факс +7 (496) 618 82 27, ел. пошта vnikti@ptl-kolomna.ru¹ВАТ «ВНДКТІ», вул. Жовтневої революції, 410, Коломна, Російська Федерація, 140402, тел. +7 (496) 618 82 48, факс +7 (496) 618 82 27, ел. пошта vnikti@ptl-kolomna.ru

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВИПРОБУВАНЬ ГЕОМЕТРИЧНО-СИЛОВОГО МЕТОДУ ОЦІНКИ СТАНУ КОЛІЇ

Мета. Дослідження можливості застосування геометрично-силового методу для визначення сходонебезпечних ділянок залізничної колії під час руху порожніх вагонів. У програмі випробувань було передбачено діагностування колії з урахуванням поздовжніх сил у вантажному поїзді, що діють на порожні вагони. **Методика.** Порожній вагон-мінераловоз і вагон-термоцистерна було обладнано тензометричними колісними парами, тензометричними автозчепами та іншими вимірювальними приладами і введено до складу вантажного поїзда масою 4 500 т. **Результати.** У роботі показано, що частину сходонебезпечних ділянок колії не вибраковують традиційними способами, що базуються на оцінці геометричних параметрів колії. У ході випробувань встановлено, що геометрично-силовий метод дозволяє отримувати додаткову інформацію про стан колії з позиції стійкості порожніх вагонів проти сходу. Цим методом виявляють ділянки колії, як не можна оцінити технічними засобами, що застосовують зараз на вагонах-колівимірювачах. Ділянки колії з низькими параметрами стійкості проти сходу порожніх вагонів є індивідуальними, й визначаються не тільки розмірами відступів, але і їх формою, поєднанням різних типів нерівностей, профілем і дефектністю елементів верхньої будови колії. **Наукова новизна.** Геометрично-силовий метод необхідно розглядати як додатковий до існуючої технології оцінки стану колії за геометричними параметрами, впровадження якого дозволить виявляти перерізи колії, небезпечні для руху порожніх вагонів. **Практична значимість.** Для впровадження геометрично-силового методу оцінки стану колії на мережі залізниць ВАТ «РЗ» пропонується на базі накопичених статистичних і експериментальних даних з випробувань вагонів з підвищеним центром ваги розробити спеціалізоване програмне забезпечення для вагонів-колівимірювачів, що виключає застосування в технології оцінки колії додаткового вантажного вагона з тензометричними колісними парами.

Ключові слова: тензометрична колісна пара; діагностичний поїзд; сходонебезпечний переріз колії; порожні вагони; безпека руху

V. S. KOSSOV¹, A. L. BIDULYA^{1*}, O. G. KRASNOV¹, M. G. AKASHEV¹^{1*}JSC «REDIRS», Zhovtneva revolyutsiya St., 410, Kolomna, Russian Federation, 140402, tel. +7 (496) 618 82 48, Fax +7 (496) 618 82 27, e-mail vnikti@ptl-kolomna.ru¹JSC «REDIRS», Zhovtneva revolyutsiya St., 410, Kolomna, Russian Federation, 140402, tel. +7 (496) 618 82 48, Fax +7 (496) 618 82 27, e-mail vnikti@ptl-kolomna.ru

THE FIELD TEST RESULTS OF GEOMETRIC-FORCE METHOD FOR TRACK STATE ESTIMATION

Purpose. Study the possibility of using geometrically-force method to determine sections of high risk of derailment in railway stations at empty wagons movement. In the test program track diagnosing subject to longitudinal forces in the freight train effecting empty wagons is provided. **Methodology.** To this effect empty mineral wagon and thermal cistern were equipped with strain-gauge wheel sets, strain-gauge automatic coupler and other instruments, set in the freight train weighing 4500 t. **Findings.** In the course of this work it was ascertained that the geometric-force method gives possibility to receive additional information about the track condition from the position of empty cars stability against derailment. It is shown that some sections of high risk of derailment pieces of line does not discarded by traditional ways, based on an assessment of the geometric parameters of the way. Those track sections are identified by this method, which can not be evaluated by technical means, used currently on track measurement cars. Pieces of line with low parameters on empty cars stability against derailment are individual and they are determined not only by the sizes of deviations, but their form, a combination of different types of roughness, profile and defective elements of the permanent way. **Originality.** Geometric-force method should be considered as complementary to the existing technology assessment of the way on the geometrical parameters; its implementation will allow revealing the track section, dangerous for the motion of empty wagons. **Practical value.** For the geometrically-force method realization of assessment

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

of the way in the railway network of JSC «Russian Railways» it is proposed on the basis of the accumulated statistics and experimental data in accordance with wagons tests with a high center of gravity to develop specialized software for wagons through gauges to assess ways by geometrically-force method that excludes the use in technology assessment of the additional freight wagon way with a strain-gauge wheel sets.

Keywords: strain-gauge wheel set; diagnostic train; track cross section of high risk of derailment; empty wagons; traffic safety

REFERENCES

1. Danovich V.D., Rybkin V.V., Reydemeyster A.G., Khalipova N.V., Tryakin A.P. K voprosu ob ustoychivosti protiv vkatyvaniya koleasa na rels dlya porozhnikh gruzovykh vagonov [To the question of stability against climb-on a wheel for empty freight wagons]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazaryana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2004, issue 3, pp. 90-96.
2. Koval V.A., Kazhayev A.N. Metod izmereniya dinamicheskikh sil s bolshoy diskretizatsiyey po dline puti s pomoshchyu tenzometricheskoy kolesnoy pary [Method of measurement of dynamic forces with a large sampling along a path using strain gauge wheelset]. *Sbornik nauchnykh trudov "Resheniye zadach vzaimodeystviya podvizhnogo sostava i puti realnogo ochertaniya"* [Proc. of the Railway Research Institute "Problems solution of interaction rolling stock and track of the real contour"]. Moscow, 1985. pp. 49-57.
3. Korzhenevich P. Tochnost syemki plana zheleznodorozhnoy kolei i puti yeye povysheniya [Survey accuracy of the railway track plan and the ways of its improvement]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazaryana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2009, issue 27, pp. 116-120.
4. Kosov V.S., Berezin V.V., Bykov V.A. Faktory ustoychivosti porozhnikh vagonov [Factors of empty wagons stability]. *Mir transporta – Transport World*, 2012, no. 2, pp. 168-177.
5. Kraskov O.G. Kak vliyayut prodolno-dinamicheskiye sily na ustoychivost porozhnikh vagonov [Affect of longitudinal dynamic forces on the stability of empty wagons]. *Vagony i vagonnoye khozyaystvo (prilozheniye k zhurnalu "Lokomotiv") – Wagons and wagon fleet (Supplement to Journal "Locomotive")*, 2012, no. 4, pp. 38-39.
6. Krasnov O.G., Akashev M.G. Issledovaniye ustoychivosti porozhnikh vagonov pri dvizhenii po iskusstvennym nerovnostyam [Research of empty wagons stability under moving on artificial unevenness]. *Vagony i vagonnoye khozyaystvo (prilozheniye k zhurnalu "Lokomotiv") – Wagons and wagon fleet (Supplement to Journal "Locomotive")*, 2011, no. 4, pp. 38-40.
7. Krasnov O.G., Akashev M.G., Saskovets V.M. Otsenka sostoyaniya puti geometricheski-silovym metodom na iskusstvennykh nerovnostiakh [State value of a way by geometrically-force method on artificial unevenness]. *Put i putevoye khozyaystvo – Track and track facilities*, 2012, no. 7, pp. 24-29.
8. Levinzon M.A. Vozmozhnost i usloviya obrashcheniya gruzovykh vagonov s povyshennymi osevyimi i pogonnymi nagruzkami (po dannym diagnosticheskogo poyezda VNIIZhT) [Possibility and conditions for handling freight with high axial and linear loads (under the diagnostic train of Railway Research Institute)]. *Vestnik VNIIZhTa – Bulletin of the Railway Research Institute*, 2002, no. 4, pp. 37-39.
9. Shafranovskiy A.K. Nepreryvnaya registratsiya vertikalnykh i bokovykh sil vzaimodeystviya koleasa i relsa [Continuous recording of vertical and lateral forces in interaction of wheel and rail]. *Trudy VNIIZhTa – [Works of Railway Research Institute]*. Moscow, 1965, issue 308, 96 p.
10. Li D., Meddah A., Hass K., Kalay S. Development and implementation of performance-based track geometry inspection. Proc. of Railway Engineering Conf. Edinburgh, 2005.
11. Johansson A., Nielsen C.O. Out-of-round railway wheels—wheel-rail contact forces and track response derived from field tests and numerical simulations. *Proc. of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit*, 2003, vol. 217, no. 2, pp. 135-146.
12. Leong J., Murray M.H. Probabilistic analysis of train–track vertical impact forces. *Proc. of the ICE-Transport*, 2008, vol. 161, no. 1, pp. 15-21.
13. Mc Carthy W.P. Track geometry measurement on Burlington Northern Railroad. *Proc. SPIE the international society for optical engineering*, 1995, p. 17.

Статья рекомендована к публикации д.т.н., проф. В. В. Рыбкиным (Украина); д.т.н., ст. научн. сотр. Н. А. Радченко (Украина)

Поступила в редколлегию 20.02.2013

Принята к печати 15.08.2013