

УДК 625.173

Н. И. КАРПУЩЕНКО, доктор технических наук, Д. В. ВЕЛИЧКО, кандидат технических наук, Сибирский государственный университет путей сообщения, Новосибирск, Россия, А. С. ПИКАЛОВ, кандидат технических наук, Западно-Сибирская дирекция по ремонту пути, Новосибирск, Россия

ИЗНОС РЕЛЬСОВ В КРИВЫХ УЧАСТКАХ ПУТИ И ХАРАКТЕР ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В СИСТЕМЕ «КОЛЕСО – РЕЛЬС»

Рассмотрены вопросы взаимодействия в системе «колесо – рельс» в кривых участках пути их влияние на износ рельсов и уширения рельсовой колеи. В результате выполненных экспериментальных исследований на опытных участках с использованием видеокамер установлено, что при движении вагонных тележек по кривым радиусом менее 650 м реализуется свободное вписывание с обязательным контактом между гребнем первого по ходу колеса и наружным рельсом. В кривых радиусом 650 м и более отмечено влияние тележки с отрывом гребня колеса, набегающей на наружный рельс колесной пары от боковой грани наружного рельса. Интенсивность бокового износа рельсов, как и уширения колеи, определяются, прежде всего, радиусом кривых. Так, в кривых радиусом 300 м интенсивность бокового износа в целом в 1,5 раза выше, чем в кривых радиусом 400 м. Износ боковых граней внутренних рельсов на всех семи кривых при зафиксированной ширине колеи в пределах 1522–1546 мм отсутствовал. Проводимые меры по снижению износов гребней колес подвижного состава и боковых поверхностей головки рельсов позволили стабилизировать ситуацию в условиях интенсификации работы железных дорог.

Одной из наиболее актуальных задач железных дорог является снижение эксплуатационных расходов, связанных с износами и расстройками пути и ходовых частей подвижного состава. Эта задача, в частности, решается за счет оптимизации процессов взаимодействия в системе «колесо – рельс».

Рост бокового износа рельсов (гребней колес) начался с 1986 г., т.е. через 30 лет после унификации колеи в кривых 350–650 м до величины 1524 мм и через 15 лет после решения уменьшить ширину колеи еще на 4 мм.

По нашему убеждению, в значительно большей, чем ширина колеи, степени на интенсивность износов влияет положение рельсовых нитей в плане. И здесь ситуация действительно требует вмешательства. На многих кривых имеются несоответствия отводов кривизны и возвышения, многорадиусность кривых и др. Это не угрожает безопасности движения, однако оказывает влияние на условия взаимодействия колеса и рельса. Такая ситуация складывалась не одно десятилетие. Целевая работа по паспортизации кривых начала в 2009 г.

В результате выполненных экспериментальных исследований на опытных участках с использованием видеокамер установлено, что при движении вагонных тележек по кривым радиусом менее 650 м реализуется свободное вписывание с обязательным контактом между гребнем первого по ходу колеса и наружным рельсом. В кривых радиусом 650 м и более отмечено влияние тележки с отрывом гребня колеса набегающей на наружный рельс колесной пары от боковой грани наружного рельса. Между гребнями колес и внутренним рельсом при ширине колеи в пределах 1518–1540 мм всегда фиксируются зазоры, величина которых зависит от ширины колеи и ширины колесной пары (колесной колеи). Следов касания гребнями внутренних нитей не отмечено [1].

Боковой износ наружного рельса сопровождается образованием полки с углом наклона 30–32°, по кото-

рой начинают катиться локомотивные и вагонные колеса с отрывом поверхности катания колес от рельса, при наличии поперечных ускорений, превышающих $0,3 \text{ м/с}^2$.

Интенсивность бокового износа рельсов, как и уширения колеи, определяются, прежде всего, радиусом кривых. Так, в кривых радиусом 300 м, интенсивность бокового износа в целом в 1,5 раза выше, чем в кривых радиусом 400 м. На участке с высокой осевой нагрузкой боковой износ рельсов и уширение колеи происходят более интенсивно.

Увеличение возвышения наружного рельса при одинаковых радиусах кривых дает положительный эффект при условии, что величина непогашенного ускорения не достигает в среднем минус $0,3 \text{ м/с}^2$.

Влияния ширины колес на интенсивность бокового износа не установлено. Износ боковых граней внутренних рельсов на всех семи кривых при зафиксированной ширине колеи в пределах 1522–1546 мм отсутствовал.

Параметры ширины колеи и бокового износа рельсов из-за существенных отклонений радиуса и возвышения наружного рельса от проектных значений на графиках носят пилообразный характер при размахе колебаний в пределах ширины колеи 1522–1546 мм, а бокового износа – 3–5 мм (рисунок 1) [2].

Среднеквадратическое отклонение ширины колеи находятся в пределах 1,5–3,8 мм, а бокового износа рельсов – 0,3–2,3 мм. Корреляционный анализ показал тесную связь между величинами бокового износа рельсов и отступлением от норм содержания пути в плане.

Для снижения интенсивности бокового износа и уширения рельсовой колеи очень важно при капитальном ремонте поставить путь в проектное положение.

На основании опыта Западно-Сибирской ДРП проведен анализ технологических этапов, на которых внедряется постановка пути в проектное положение с применением ГНСС ГЛОНАСС/GPS.

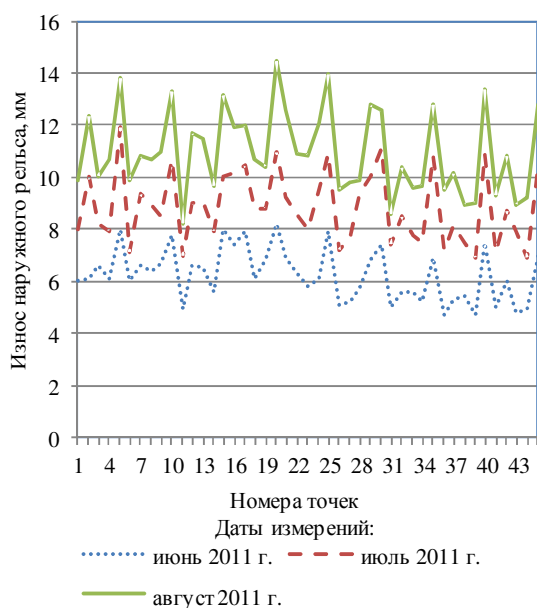


Рисунок 1 – Результаты наблюдений за боковым износом рельсов наружной нити в кривой радиусом 296 м, при расчетном возвышении наружного рельса $h = 90$ мм и скорости движения поездов $v = 60$ км/ч

1-й этап. Подготовительные работы. Инженерная подготовка участка. На данном этапе производится анализ проектно-сметной документации (ПСД) на предмет ошибок, при наличии таковых вносятся изменения в ПСД. Производится выноска отметок «в поле», отметки в плане (рихтовки) и профиле (срезки и подъемки) выносятся на шейку рельса соседнего пути и на опоры контактной сети (ОКС). Данные для выноски отметок выбираются из ПСД (бумажный носитель).

Существующая технология с применением цифровой модели пути (ЦМП): по существующему участку пути прокатывают измерительную тележку со спутниковым оборудованием (АПК «Профиль», «Amberg», «Инфотранс» и т.д.) для получения трека в трехмерной системе координат. Далее при помощи программных средств на существующий трек накладываются сдвиги и подъемки из ПСД (бумажный носитель). В результате получаем проектную трехмерную ЦМП.

Актуализация: за время между изыскательскими работами проектной организации и фактическим ремонтом проходит от 6 месяцев до 2 лет. Соответственно при работах по текущему содержанию пути (планово-предупредительная выправка пути), а также под воздействием поездной нагрузки положение ремонтируемого пути и соседнего с ним подвержено изменениям как в плане, так и профиле. Для соблюдения проектных решений требуется актуализация существующего положения ремонтируемого и существующего путей. ОКС, с учетом их заглубления не менее 3 м, являются долговременным репером. Актуализация положения путей производится путем промера фактических габаритов ОКС и междупутья с последующей актуализацией.

Перспектива развития ЦПМ: проектные организации выдают проект сразу в цифровом виде. При подготовительных работах производится проверка корректности

ЦМП при помощи АПК «Профиль» и специальной программы. Других работ не требуется.

Существующая точность: 3–5 см. Точность с применением ЦМП: 2–3 см.

2-й этап. Вырезка (очистка) щебеночного балласта. На данном этапе формируется высотная отметка и уклон основной площадки земляного полотна (ЗП), т.к. при несоблюдении проектной отметки на основной площадке ЗП невозможно соблюсти проектные высотные отметки головки рельса без изменения толщины балластной призмы, что будет являться нарушением нормативов и проектных решений.

Существующая технология предусматривает контроль вырезки (очистки) балласта точно (через 50–70 м) на заранее вынесенных реперах в ходе инженерной подготовки. Работы выполняются при помощи рейки с закрепленным на ней пузырьковым уровнем, а также линейки (рулетки).

Существующая технология с применением ЦМП: щебнеочистительные машины оборудованы системами автоматизированного управления, которые при наличии ЦПМ, полученной в ходе инженерной подготовки, управляет рабочими органами машины и тем самым достигает проектных отметок основной площадки ЗП.

Перспектива развития ЦПМ: дальнейшее развитие не планируется.

Существующая точность: 5–7 см. Точность с применением ЦМП: 4 см.

3-й этап. Укладка рельсо-шпальной решетки (РШР). На данном этапе производится укладка звеньев РШР длиной 25 м. Пространственное положение пути на данном этапе задается на двух- и многопутных участках при помощи специальных шаблонов, на однопутных участках – с применением рулетки, измерения проводятся от опор.

Существующая технология с применением ЦМП: на данном этапе ЦМП не применяется.

Перспектива развития ЦПМ: при необходимости выноски оси пути возможно использование переносного комплекта спутникового оборудования.

Существующая точность: 3–4 см при работе с шаблоном, до 10 см – при работе с рулеткой на однопутных участках.

4-й этап. Балластировка пути. На данном этапе производится основная постановка пути в проектное положение в плане и профиле. Существующая технология предусматривает постановку при помощи ручного управления по заранее вынесенной разметке на этапе инженерной подготовки. Контроль осуществляется через 50–70 м. Работы выполняются при помощи рейки с закрепленным на ней пузырьковым уровнем, а также линейки (рулетки).

Существующая технология с применением ЦМП: ЭЛБ оборудованы системами автоматизированного управления, которые при наличии ЦПМ, полученной в ходе инженерной подготовки, управляет рабочими органами машины, и тем самым достигает проектных отметок головки рельса.

Перспектива развития ЦПМ: совершенствование системы автоматизированного управления (САУ) на ЭЛБ до более качественных показателей надежности.

Существующая точность: 5–7 см. Точность с применением ЦМП: 2–3 см.

5-й этап. Выправка пути. На данном этапе производится окончательная выправка пути с заданием вышени наружного рельса в кривых. На сегодняшний день выправка производится выправочной техникой типа ВПР, «Дуоматик» с применением программных комплексов «Навигатор» и т.д. Недостаток данных систем заключается в том, что они создают собственный проект относительно съёмки пути, полученной в ходе измерительной поездки. Данный проект удовлетворяет требованиям плавности хода по заданную скорость, но редко совпадает с проектным решением в пространственном положении, т.е. рихтовки и подьёмки отличаются от предусмотренных проектом.

Существующая технология с применением ЦМП: на сегодняшний день нет рабочей модели САУ для выправочных машин с применением ЦМП.

Перспектива развития ЦПМ: внедрение САУ по принципу ЭЛБ, работающей на основе ЦМП и осуществляющей окончательную выправку с постановкой в проектное положение.

Существующая точность: 5–7 см – абсолютная. Точность с применением ЦМП: 2–3 см – абсолютная.

6-й этап. Оценка состояния пути. На данном этапе производится измерение параметров пути с выдачей стандартных форм. Работа выполняется вагоном ЦНИИ-4. По факту измерения производятся при помощи хорды и не всегда соответствуют результатам, полученным координатным способом.

Существующая технология с применением ЦМП: на сегодняшний день есть возможность съёмки состояния пути с применением измерительных тележек со спутниковым оборудованием (АПК «Профиль», «Amberg», «Инфотранс» и т.д.).

Перспектива развития ЦПМ: оборудование вагонов путеизмерителей (КВЛП, ЦНИИ-4) спутниковой аппаратурой для возможности съёмки пути координатным способом.

Существующая точность: не измеряется в абсолютной точности. Точность с применением ЦМП: 2–3 см – абсолютная.

Рассматривая влияние параметров рельсовой колеи на боковой износ рельсов и подрез гребней колес, анализировали изменение технических показателей работы

Западно-Сибирской дистанции дороги, оказывающих влияние на износ пути, и установили, что за последние 7 лет грузонапряженность возросла на 60 %, техническая скорость – на 9 %, осевые нагрузки подвижного состава – на 3 %. В то же время выход рельсов по боковому износу снизился в среднем в 2,5 раза, а количество обточек колес грузовых электровозов по причине предельного износа гребня и остроконечного наката для ВЛ-10 – на 28 %, а ВЛ-80 – на 94 %. Достигнуто это благодаря модернизации всего путевого комплекса дороги. К началу 2013 г. на всем протяжении Транссибирского и 86 % Средне-Сибирского хода проведен усиленный капитальный ремонт с укладкой бесстыкового пути и постановкой кривых в проектное положение [3].

Проводимые меры по снижению износов гребней колес подвижного состава и боковых поверхностей головки рельсов позволили стабилизировать ситуацию в условиях интенсификации работы железных дорог, повышения веса и длины грузовых поездов, осевых нагрузок подвижного состава, грузоподъемности и статической нагрузки грузовых вагонов, скоростей движения поездов.

Однако и сегодня расходы материальных ресурсов в локомотивном, вагонном и путевом хозяйствах, связанные со сверхнормативным износом в системе «колесо – рельс», в первую очередь в кривых участках пути, находятся на достаточно высоком уровне и требуют продолжения работ по их снижению.

Список литературы

- 1 Карпушенко, Н. И. Обеспечение надежности железнодорожного пути и безопасности движения поездов / Н. И. Карпушенко, Д. В. Величко. – Новосибирск : Из-во СГУПС, 2008. – 321 с.
- 2 Карпушенко, Н. И. Анализ процессов нарастания износа рельсов и их ресурса в кривых участках пути / Н. И. Карпушенко, Д. В. Величко, Е. С. Антеев // Наука и техника транспорта. – СПб, 2012. – С. 48–52.
- 3 Карпушенко, Н. И. Износ рельсов и ширина колеи в кривых / Н. И. Карпушенко // Сб. науч. тр. междунар. конф. «Путь XXI века». – СПб., 2013. – С. 93–97.

Получено 28.02.2016

N. I. Karpushenko, D. V. Velichko, A. S. Pikalov. Wear of rails in curves track sections and the nature of the interaction in the system «wheel – rail».

In the article the questions of interaction in the system «wheel – rail» in curves plots the path of their influence on the wear of rails and widening the track. In the result of the executed experimental researches on skilled sites using video cameras, it is established that during the movement of bogies on curves with radius less than 650 m implements free integration with obligatory contact between the first crest on the wheels and the outer rail. In curves with a radius of 650 m and more marked wobbling truck with a margin of crest wheels running on the outer rail the wheelset from the side face of the outer rail. The intensity of lateral wear of rails, and widening the gauge is determined primarily by the radius of the curves. So in curves of radius 300 m, the intensity of lateral wear in general 1,5 times higher than in curves of radius 400 m. the wear of the side faces of the inner rails on all seven curves with fixed track width within 1522–1546 mm were absent. Ongoing measures to reduce wear of the ridges of the wheels of the rolling stock and the side surfaces of the rail head is allowed to stabilize the situation in the conditions of intensification of the railways.