

тов: Тракторный, Радиаторный, Институт культуры, Минск-Восточный, Минск-Южный, Минск-Северный. Кроме того, если в ближайшей и отдаленной перспективе появится необходимость в сооружении не только вылетных, но и кольцевой линии метро, то на этот случай должна быть учтена возможность устройства станций пересадки на железную дорогу на базе остановочных пунктов Степянка, Масюковщина, Курасовщина и др.

УДК 621.762

## **РАЗРАБОТКА МАТЕРИАЛА ДЛЯ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ВЫПРАВочно-ПОДБИВочно-РИХТОВОчных МАШИН**

*Д. С. ДЕВИЦКИЙ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Безопасность железнодорожных перевозок во многом зависит от качества балластного слоя рельсошпальной решетки (РШР), который по прочности, устойчивости и состоянию должен обеспечивать безопасное и плавное движение поездов с установленными скоростями.

Балластный слой обеспечивает равномерную передачу давления от шпал на возможно большую поверхность земляного полотна, являясь упругой подушкой, смягчающей удары колес подвижного состава, а также отвод поверхностных вод от железнодорожного пути и содержание его в сухом состоянии, гарантирующем предохранение рельсов и креплений от коррозии (разрушения), а шпал – от гниения.

По пути проходят поезда большого веса с высокими скоростями. Колеса давят на рельс с силой, которая при движении поезда увеличивается в 1,5–2 раза. Под действием этих сил в пути непрерывно накапливаются остаточные неравномерные деформации в виде просадок, перекосов, нарушений положения пути в плане и др. Помимо подвижного состава, серьезное влияние на путь оказывают климатические факторы: ветер, вода, снег, колебания температуры. Ветер выдувает мелкие частицы балласта, вода приводит к уменьшению несущей способности грунта основной площадки земляного полотна, к пучению, размывам и т. д.

Предупреждение просадок и толчков достигается ликвидацией угона пути, систематической и правильной подбивкой или подсыпкой просевших и отрясённых шпал, недопущением выплесков, ликвидацией местных износов концов рельсов и накладок, правильным содержанием земляного полотна, правильным уходом за балластным слоем.

Отступления от норм содержания балласта может привести и приводят к деформациям РШР, иногда сопровождающимся большими перерывами движения поездов и весьма крупными работами по восстановлению пути. Нарушение норм содержания может проявиться лишь по прошествии ряда лет, в течение которых происходит внешне незаметный процесс его оседания.

Систематические наблюдения за состоянием балластной призмы дают возможность своевременно предупреждать серьезные его «заболевания» (отклонения), при этом объемы работ могут быть небольшие.

Работы по текущему содержанию пути производятся на всем его протяжении в течение всего года. В зависимости от времени года они имеют сезонные особенности.

Непосредственное выполнение всего комплекса работ по текущему содержанию пути возложено на дистанцию пути. С наступлением летнего времени и окончанием весенних работ выполняют в первую очередь следующие предупредительные работы:

- выправка пути в местах отклонений по уровню;
- подбивка шпал;
- рихтовка пути.

Для содержания пути в проектном положении используются выправочно-подбивочно-рихтовочные путевые машины. Они бывают следующих видов действия:

- циклического;
- непрерывного;
- непрерывно-циклического.

Рабочим органом выправочно-подбивочно-рихтовочной машины выступает подбивочный блок. Слабым местом данного механизма является подбойка, которая в зависимости от типа путевой машины и материала, из которого она изготовлена, имеет ресурс от 80 до 800 км подбитого пути.

В настоящее время существует три основных завода (компаний), занимающие лидирующие позиции в мире по производству и выпуску путевой техники:

- Калужский завод «Ремпутьмаш» (Россия);
- Plasser & Theurer (Австрия);
- Knox Kershaw Inc. (США);

В Республике Беларусь эксплуатацией, ремонтом и восстановлением подбоек занимается ЭРУП «Центр механизации путевых работ Белорусской железной дороги». Для обеспечения деятельности по эксплуатации и содержанию железных дорог на балансе предприятия имеются железнодорожно-строительные путевые машины фирмы Plasser & Theurer, в том числе машины РМ-76, РМ-80, ВПРС-08, ВПР-09, ВПР-08, ВПР-09-3Х, ССП-110, ДГС-62, МФС-240, COMPEL VAG 500 RD, а также предприятие выполняет работы по ремонту комплектов подбивочных блоков фирмы Plasser & Theurer с машин типа ВПР, ВПРС. Для обеспечения ремонта путевых машин Центр имеет необходимый парк станочного и испытательного оборудования, в том числе станки: токарной, фрезерной, сверлильной, строгальной, зубофрезерной, шлифовальной и расточной групп, станок плазменной и газокислородной резки листового металла.

Характер взаимодействия основных рабочих органов путевых машин – подбоек обусловлен процессами активного абразивного изнашивания в результате взаимодействия с балластом земляного полотна и рядом прочих комплексных причин: интенсивные динамические нагрузки, вибрация и т. д.

По причине невозможности остановки выполнения работ в технологическое «окно», предоставляемое для выполнения комплекса путевых работ, кроме как при отказе рабочего органа, агрегата, узла или механизма, износ рабочего органа путевой машины может достигать значительной величины. Около 60 % деталей имеют износ более 20 % от исходной массы и могут быть успешно восстановлены.

Износ рабочей поверхности лопатки подбойки ВПРМ (выправочно-подбивочно-рихтовочных машин) в процессе работы достигает по высоте 20 мм и более, что требует многослойной наплавки для обеспечения оптимизированных геометрических размеров лопатки.

Количество наплавляемых слоев при этом достигает 8–10, что существенно снижает качество наплавляемого металла.

Затраты на материалы при устранении дефектов различными способами колеблются от 0,3 до 36 % от полной себестоимости ремонта. К примеру, вибродуговая наплавка – 2,2 %, наплавка под флюсом – 6,5 %, металлизация электродуговая – 8,0, наплавка в углекислом газе – 12,6 %. При этом восстановление деталей путем замены части изношенной детали механической обработкой составляет 36 % от себестоимости ремонта.

Следует также учитывать тот факт, что рабочие поверхности изнашиваются неодинаково, к примеру, торцевые и боковые поверхности изнашиваются менее интенсивно, чем нижняя кромка лопатки. Характер износа обусловлен интенсивностью изнашивания рабочих поверхностей в процессе контакта лопатки и щебня, с учетом гранулометрического состава обрабатываемого щебня, удельных давлений по мере заглупления лопатки в щебень, а так же расположения подбойки в подбивочном блоке относительно шпалы.

В настоящее время свое применение в качестве основного материала подбоек нашли сталь 45, сталь 40ХН, сталь 35ХМ, сталь 110Г13Л, сталь У7.

Ремонтом, восстановлением и заменой подбоек занимаются железнодорожные депо и заводы механизированной путевой техники, такие как Пинский опытный завод путевых машин. Как правило, выправочно-подбивочно-рихтовочные машины имеют 4 подбивочных блока и соответственно 16 подбоек. Замена 16 подбоек каждые 30–40 км пути (в среднем).

Ремонтные предприятия применяют следующие способы восстановления подбоек выправочно-подбивочно-рихтовочных машин:

- электродуговая ручная и механизированная наплавка легированными проволоками;
- электродуговая наплавка проволоками сплошного сечения (под слоем флюса или в среде защитных газов);
- плазменное напыление;
- индукционная наплавка.

Недостатки существующих методов:

- недостаточная износостойкость нанесённого слоя металла;
- значительный разброс механических свойств;
- трудность последующей механической обработки;
- наличие технологических дефектов, таких как, неоднородность структуры наплавленного металла;
- образование различного рода включений;
- неравномерность поверхностной твердости наплавленного металла по площади детали;
- концентрация растягивающих напряжений;
- снижение усталостной прочности, коррозионной стойкости и т. д.

Достоинства:

- высокая производительность;
- возможность использовать остаточный ресурс долговечности детали по прочности;
- применение недорогой и несложной в изготовлении, монтаже и эксплуатации оснастки, а также увеличение экономической эффективности восстановления деталей путевых машин.

Целесообразность выбора способа восстановления деталей определяется, как очевидно, сокращением затрат на материалы и снижением стоимости работ, связанных с устранением дефектов, предшествующих механической обработке, технологичностью ремонтного процесса, выбором наплавочных материалов, конкретными условиями ремонтного производства и требованиями к восстанавливаемой детали.

В настоящее время для восстановления лопаток ВПРМ применяется большая группа наплавочных материалов, различных по структуре, химическому составу, характеристик наплавленного металла. Один из наиболее распространенных и доступных в массовом ремонтном производстве способов ремонта лопаток – наплавка электродами типа Т-590 в два слоя, а при повышенном износе, с наращиванием изношенной части лопатки, – путем приварки пластин из рессорной стали с предварительным прогревом детали до температуры 200–250 °С. Полученная твердость HRC 60–62. Однако данный способ не обеспечивает требуемого ресурса подбоек по сравнению с оригинальными деталями.

Плазменное напыление и индукционная наплавка, несмотря на достижение однородности металла обрабатываемой поверхности и наплавленной поверхности, не дают ожидаемых результатов, т. к. оптимальная толщина наплавленного металла находится в пределах 2–5 мм, а износ лопатки превышает указанные размеры и имеет нелинейные формы.

Наиболее универсальными, по сравнению с электродами, порошковыми лентами и проволоками сплошного сечения являются порошковые проволоки на основе хрома и никеля, которые дают высокую твердость наплавленного слоя, высокую износостойкость материала в условиях абразивного изнашивания, а содержание марганца значительно повышает ударную вязкость наплавленного металла.

Низкая себестоимость процесса восстановления позволяет применять данный способ на малых ремонтных предприятиях в условиях создания определенных прочностных и износостойких характеристик наплавленного металла при отсутствии высокотехнологичного оборудования и оснастки.

Все перечисленные способы восстановления изношенных поверхностей лопаток дают в результате величину относительной износостойкости, способствующую продлению ресурса работы подбойки, однако недостаточную для обеспечения безотказной работы с заданной производительностью и качеством выполняемых работ подбивочного блока ВПРМ.

Также существуют способы нанесения покрытий на подбойки для увеличения их износостойкости и удароустойчивости. Применяют способы приварки износостойких пластин на основания подбоек и последующей их замене в процессе износа.

Предлагаемая разработка представляет собой подбойку, основным металлом которой является железо (Fe) с добавлением хрома (Cr), никеля (Ni), марганца (Mn), молибдена (Mo), вольфрама (W). Для продления рабочего ресурса подбойки применены победитовые пластины на лопатке и победитовое напыление на шейке подбойки.

Присутствие таких компонентов в составе сплава материала подбойки делает его износостойчивым, тугоплавким, прочным. Победит состоящий на 90 % из карбида вольфрама и 10 % кобальта обеспечивает высокую твердость и жаропрочность сплава, что в свою очередь позволяет применять подбойки данного типа как на машинах циклического действия, так и непрерывного, где темпера-

тура рабочих поверхностей подбойки доходит до 1000 °С, что делает её универсальной для всех типов ВПР машин.

Такая подбойка обеспечивает повышение ресурса и межсервисного интервала обслуживания подбивочных блоков в разы, что положительно сказывается на технико-экономическом показателе, а также времени непрерывной работы выправочно-подбивочно-рихтовочной машины.

Возможность повышения эксплуатационных показателей подбивочного блока путевых машин, при применении победита в качестве основного защитного материала рабочей поверхности подбойки, позволит решить проблему по импортозамещению дорогостоящих комплектующих, а также увеличит ресурс и ремонтнопригодность всей конструкции в целом.

Для выработки практических рекомендаций по эффективному применению победита требуется проведение серии лабораторных исследований и промышленных испытаний.

#### Список литературы

1 Соломонов, С. А. Путевые машины : учебник для вузов ж.-д. трансп. / С. А. Соломонов, М. В. Попович, В. М. Бугаенко. – М. : Желдориздат, 2000. – 756 с.

2 Бабич, А. В. Ремонт машин в строительстве и на железнодорожном транспорте / А. В. Бабич, А. Л. Манаков, С. В. Щелоков. – М. : Учеб.-метод. центр по образованию на ж.-д. трансп., 2015. – 124 с.

3 Абашин, В. М. Путевые машины на железнодорожном транспорте / В. М. Абашин. – М. : УМЦ МПС России, 2002. – 29 с.

УДК 625.1+625.7

## ПЕРЕУСТРОЙСТВО ПЕРЕСЕЧЕНИЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ С АВТОМОБИЛЬНЫМИ ПРИ УВЕЛИЧЕНИИ ЕЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ

*Н. В. ДОВГЕЛЮК*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Пересечения железных дорог с автомобильными в одном уровне вызывают большие потери от простоя автотранспорта перед закрытыми шлагбаумами переездов. На пересечениях в одном уровне повышена опасность наездов и столкновений транспорта. Из-за снижения скорости транспортных потоков и простоя у пересечений ежегодно теряются десятки миллионов часов, что равнозначно простоя в течение года с работающими двигателями более 11 тысяч машин.

Через переезды проходят грунтовые дороги в сельской местности. Ежегодные потери сельского хозяйства из-за плохого содержания местных автомобильных дорог превышают 800–900 тыс. рублей. Таким образом, совершенствование системы пересечений дорог становится весьма актуальной задачей.

По существующей методике технико-экономического обоснования выбора типа пересечения с железной дорогой на дорогах V категории с перспективной расчетной интенсивностью движения до 100 авт./сут не требуется устройства пересечений в разных уровнях. Технико-экономическое обоснование необходимо выполнять для дорог IV категории с учетом их возможного перевода в III категорию.

Экономическая эффективность по вариантам устанавливается по минимуму приведенных затрат, которые определяются по формуле

$$P_{\text{пр}}^{\text{год}} = E_{\text{н}}K + C_{\text{ср}}, \quad (1)$$

где  $E_{\text{н}}$  – нормативный коэффициент приведения затрат;  $K$  – единовременные капитальные вложения по каждому варианту;  $C_{\text{ср}}$  – средние приведенные годовые текущие затраты за нормативный срок окупаемости.

Фактический срок окупаемости дополнительных капитальных вложений на пересечении в разных уровнях определяется по формуле

$$t_{\text{ф}} = K_{\text{пут}} / (C_{\text{пер}} - C_{\text{пут}}), \quad (2)$$

где  $K_{\text{пут}}$  – капитальные вложения в пересечения в разных уровнях;  $C_{\text{пут}}$ ,  $C_{\text{пер}}$  – средние текущие годовые затраты за период окупаемости пересечения в разных и одном уровнях.