

числа дефектных рельсов (с 15473 шт. на начало 2008 г. до 18455 шт. на начало 2013 г., т.е. на 3000 шт. или на 20 %). В 2012 году средствами дефектоскопии выявлено 3824 остродефектных рельсов. Выход рельсов за 2012 год по рисункам 21, 30Г достиг 80 % общего количества остродефектных рельсов на дороге.

Преимущественно появляются дефекты кодов: 10.2 – отслоения и выкрашивания металла; 11.2 – выкрашивание металла на боковой рабочей выкружке головки рельса; 17.2 – отслоения и выкрашивания металла на поверхности катания в закаленном слое, которые составляют более 70 % от общего количества выявленных дефектных рельсов. При дальнейшей эксплуатации рельсов с дефектами, поверхностные дефекты преобразуются во внутренние, потенциально опасные дефекты головки рельса преимущественно кода: 21.1-2 – поперечные трещины в головке вследствие недостаточной контактно-усталостной прочности металла, которые составляют около 53 % от общего количества выявляемых остродефектных рельсов и 30Г.1-2 – горизонтальное расслоение головки, которые составляют около 17 % от общего количества выявляемых остродефектных рельсов.

Анализ выхода остродефектных рельсов в зависимости от пропущенного тоннажа за 2011 год показал, что рельсы с наработкой пропущенного тоннажа 300 млн т брутто и более представляют наибольшую угрозу безопасности движения поездов. Выход остродефектных рельсов в 2011 году по годам проката показывает, что в рельсах проката до 2000 года выход составляет 1 остродефектный рельс на 1 км пути, что в 10 раз больше по сравнению с рельсами проката после 2000 года.

По качеству изготовления, как показал анализ удельного выхода остродефектных и дефектных рельсов по заводам-изготовителям в расчете на 100 км пути, рельсы КМК и НТКМ имеют большую склонность к образованию поверхностных и внутренних дефектов и представляют наибольшую угрозу безопасности движения поездов на Белорусской железной дороге.

В дистанциях пути Белорусской железной дороги за период с 2002 по 2011 год допущено 41 случаев изломов рельсов: 25 случаев (61 %) произошло с рельсами производства НТМК; 13 случаев (32 %) произошло с рельсами производства Азовсталь, 3 случая (7 %) произошло с рельсами производства КМК. Из допущенных случаев изломов рельсов за период с 2001 по 2011 год, 31 излом рельсов 75,6 % произошел в период отрицательных температур и 10 изломов рельсов 24,4 % произошли в период положительных температур. Из шести случаев изломов в 2012 году 5 (83 %) произошли в период отрицательных температур.

Из 41 допущенного излома рельсов за период 2002–2011 год, 15 изломов или 37 % произошли по кодам дефектов, которые невозможно было выявить существующими в дистанциях пути дефектоскопными средствами. Остальные 26 случаев излома рельсов или 63 % допущены по причине влияния человеческого фактора при проведении ультразвукового контроля рельсов и текущем содержании пути.

УДК 656.224.027(476)

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ СКОРОСТНОГО ДВИЖЕНИЯ ПАССАЖИРСКИХ ПОЕЗДОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

В. С. МИРОНОВ

Московский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация

Т. А. РУДЕНКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Выполнено исследование эффективности применения для скоростного движения пассажирских поездов из обычных вагонов и из вагонов с наклоном кузова с учетом плана трассы на участке второго транспортного коридора, проходящего через Республику Беларусь.

Рассмотрены нормативные параметры плана при использовании вагонов с наклоном кузова.

Сделан анализ объемов переустройства трассы для обеспечения необходимой комфортабельности езды пассажиров при разном подвижном составе пассажирских поездов и различной сложности плана железной дороги.

Определение объемов переустройства трассы (длины линии с недостаточной величиной радиуса кривых) выполнено на примере реальных участков линии для 2 вариантов: при использовании обычного пассажирского состава (L_1) и в случае применения вагонов с наклоном кузова (L_2).

В таблице 1 приведены результаты расчетов длин необходимого переустройства трассы и их доли в процентах от общей протяженности линии (Δ_1 и Δ_2).

Таким образом, расчеты показали, что использование вагонов с наклоном кузова позволяет сократить длину переустройства линии на 10–15 %.

Таблица 1 – Длина переустройства трассы существующей линии, необходимого при введении скоростного движения пассажирских поездов из различных типов вагонов

№ участка	Длина, км	Длина кривых на участке		Сумма углов поворота		Средний радиус, м	Длина переустраиваемого участка			
		км	%	Всего, град.	На 1 км (град/км)		для обычного состава		для вагонов с наклоном кузова	
							L_1 , км	Δ_1 , %	L_2 , км	Δ_2 , %
1	100	41,015	41	2360,13	23,60	996	47,313	47	36,404	36
2	100	35,700	36	2015,38	20,15	1015	33,768	33	16,787	17
3	100	26,078	26	1146,85	11,47	1303	30,699	31	15,369	15
4	100	17,964	18	762,88	7,63	1349	24,345	24	12,35	12

Примечание – Участки взяты на направлении Красное – Минск – Брест Белорусской железной дороги: № 1 – ст. Смолевичи – о.п. Энергетик (707–807 км); № 2 – ст. Красное – о.п. Трошилово (490–590 км); № 3 – ст. Славное – ст. Смолевичи (607–707 км); № 4 – о.п. Энергетик – ст. Грицевец (807–907 км).

Для оценки эффективности внедрения скоростного движения и принимаемых при этом проектных решений необходим критерий, структура которого должна отражать особенности условий сравнения вариантов. Рассматриваемая задача – внедрение скоростного движения – относится к республиканскому уровню. Следовательно, должна быть учтена общественная эффективность принимаемых решений, которую можно оценить с помощью стоимости сокращения времени нахождения пассажиров в пути:

$$C_{\text{пас-ч}} = 365 \cdot 2n_{\text{пас}} m \alpha_{\text{зап}} \Delta T e_{\text{пас-ч}} \cdot 10^{-6} \text{ млн руб./год,}$$

где $n_{\text{пас}}$ – количество скоростных пассажирских поездов в сутки; m – вместимость поезда, чел.; $\alpha_{\text{зап}}$ – коэффициент заполнения поезда в долях единицы; $e_{\text{пас-ч}}$ – стоимость пассажира-часа в руб.; ΔT – сокращение времени нахождения пассажиров в пути, ч.

Поэтому в качестве основной части *результата* от увеличения скоростей движения пассажирских поездов надо принять стоимость сокращения времени поездки пассажиров.

В состав затрат входят капиталовложения в реконструкцию дороги ($K_{\text{рек}}$) и на приобретение подвижного состава ($K_{\text{пс}}$).

Кроме того, в связи с использованием нового подвижного состава в пассажирском движении и модернизацией технического состояния дороги после реконструкции изменятся эксплуатационные расходы как в пассажирском, так и грузовом движении. Поэтому в чистый дисконтированный доход (ЧДД) необходимо включить разность эксплуатационных расходов, вызванную переустройством и заменой подвижного состава ($\pm \Delta C_i$). В частности, реализация более высоких скоростей требует больших затрат энергоресурсов, а улучшение плана трассы позволит уменьшить расходы на содержание пути в кривых. Уменьшение времени оборота подвижного состава влияет на потребность в локомотивных бригадах. Также следует учитывать дополнительные эксплуатационные издержки, связанные с дополнительным простоем поездов из-за увеличения съема грузовых поездов пассажирскими.

Замена подвижного состава позволяет высвободить существующий подвижной состав в пассажирском движении. Поэтому необходимо учитывать и его возвратную стоимость ($K_{\text{пс(возв.)}}$).

Так как проект социальный и имеет большое значение для народного хозяйства, то для уменьшения срока окупаемости следует учитывать единовременные дотации государства (D).

Налоговая составляющая для проектов республиканского значения не учитывается.

Таким образом, чистый дисконтированный доход для оценки варианта проектного решения можно определить по формуле

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^T \left[(C_{\text{п-ч}} + D + K_{\text{пс(возв.)}}) \pm \Delta C_i - K_{\text{рек}} - K_{\text{пс}} \right] \frac{1}{(1+E)^t}$$

Выполнен расчет ЧДД при вариантных значениях некоторых исходных данных, в том числе стоимости пассажира-часа и размеров пассажирских перевозок.

УДК 625.143:620.193.7

МЕХАНИЗМ ИЗНОСА, ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ И КОРРОЗИИ РЕЛЬСОВ В ТОННЕЛЯХ НА ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫХ УЧАСТКАХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Д. А. ПЛУГИН, А. Н. ПЛУГИН, АЛ. А. ПЛУГИН., А. А. КОНЕВ

Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, г. Харьков

Установлено, что в основе механических свойств стали лежит ее полидисперсный (зернистый) характер структуры, существование на поверхности зерен двойных электрических слоев (ДЭС) и электроповерхностного потенциала, взаимодействие между зернами в виде ион-электронного притяжения в единичных контактах, латеральное отталкивание между противоположными ДЭС. Установлено, что равновесный размер зерна феррита рельсовой стали составляет около 13,6 мкм.

Выявлена высокая степень корреляции между пределом прочности металлов и их электроповерхностными потенциалами. Установлено, что разрушение кристаллической решетки металла может происходить как путем разъединения (отрыва) атомов, при котором решетки сразу распадаются на две части, так и путем скольжения (сдвига) атомов, при котором решетка, постепенно деформируясь, распадается только после значительного искривления. Разделение тел на части является следствием многих разрушений, происходящих как внутри отдельных кристаллов, так и по поверхности раздела между ними.

Установлено, что существующие представления о механизме воздействия электрического тока на механические свойства стали носят общий характер, не согласуются друг с другом, не содержат количественных зависимостей, которые можно было бы использовать для развития их как теории износа рельсов и их сроков службы. Вместе с тем они свидетельствуют о реальности влияния токов на износ и старение рельсов на электрифицированных путях, что делает реальными задачи разработки теории ускоренного старения рельсов под влиянием потенциала на них. Так, при обработке металлов давлением для снижения их прочности применяют действие электрического тока плотностью до 1000 А/мм².

Теоретическими исследованиями и расчетами доказано, что имеющийся на рельсе электрический потенциал создает в нем дополнительные механические напряжения, которые с точки зрения обеспечения прочности пути безопасны, однако способствуют возникновению первичных микротрещин и ускорению развития пластических деформаций, а значит, износа рельсов. Ускорение износа зависит от величины потенциала и при максимальном зафиксированном нами потенциале до +80 В может достигать 1,8 раза.

Установлено, что в тоннелях происходит более интенсивный износ (пластическая деформация головки), повреждения (трещинообразование головки и подошвы) и электрокоррозия рельса, что приводит к сокращению срока службы рельсов в тоннеле, по сравнению с рельсами на открытой местности.

Основными факторами такого повышенного износа, повреждений и электрокоррозии являются: длина тоннеля; высокая влажность воздуха в обводненном тоннеле целый год (100 %); более высокая концентрация кислорода в воде (конденсатной пленке) в сухую теплую погоду; высокая концентрация агрессивных кислотообразующих газов – углекислого CO₂, сернистого SO₂, оксидов азота NO₂ и фосфора P₂O₅ в тоннелях на неэлектрифицированных участках пути от сгорания топлива в двигателях тепловозов; дополнительный положительный потенциал на рельсах от образования высоковольтного коаксиального макроконденсатора обделкой тоннеля (с рельсовым путем) и контактным проводом, что приводит к возникновению положительного заряда, а следовательно, потенциала на рельсах. Снижение сроков службы рельсов в тоннелях длиной менее 90 м, по сравнению с рельсами на открытой местности, не происходит. Для более протяженных тоннелей установлены функциональные зависимости коэффициентов снижения сроков службы рельсов от длины тоннеля.