

И. ПОВИЛАЙТЕНЕ, К. САКАЛАУСКАС, И. ПОДАГЕЛИС (Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса, Литва)

ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ В КРИВЫХ НА БОКОВОЙ ИЗНОС НАРУЖНОГО РЕЛЬСА

У статті наведено дані про вплив геометричних параметрів залізничної колії в кривих на бічний знос зовнішньої рейки. Пропонується методика розрахунків додаткових витрат, необхідних для утримання та реконструкції кривих малого і середнього радіусів.

В статье приведены данные о влиянии геометрических параметров железнодорожного пути в кривых на боковой износ наружного рельса. Предлагается методика расчетов дополнительных расходов, необходимых для содержания и реконструкции кривых малого и среднего радиусов.

The article provides data on the influence of railway track geometric parameters in curves on lateral wear of the external rail and proposes a method of calculating the additional costs of maintenance and reconstruction of small and medium radius curves.

В Литве и других республиках, где строительство железных дорог производилось согласно техническим условиям Советского Союза, план линий нередко имел кривые малого радиуса. В 1939–1946 гг. нормативная документация СССР не регламентировала скорость движения поездов, поэтому при проектировании кривых, радиус которых не превышал 800 м, не предполагалось, что в будущем такие кривые могут ограничивать скорости движения [1]. В настоящее время ситуация кардинально изменилась, увеличились скорости движения поездов, в связи с чем приходится решать проблемы, касающиеся изменения плана железнодорожных линий, что требует больших затрат на их реконструкцию.

На основании геометрических параметров железнодорожных линий Литвы и соседних стран установлено, что в кривых, радиус которых больше 1200 м (их количество не превышает 17 %), существует возможность увеличивать скорости движения поездов до 140 км/час. Кривые, радиус которых равен 450...680 м, составляют более 36 %. Не менее 10 % составляют кривые, радиус которых равен 350...450 м. Такие линии требуют реконструкции, так как они препятствуют развитию высокоскоростного движения.

Серьезную проблему для скоростных магистралей в настоящее время представляют линии малого и среднего радиусов с кривыми $R < 1200$ м, так как из-за центробежных сил в кривых ограничивается скорость ($V_n = 4,6\sqrt{R}$). В зависимости от радиуса кривой увеличивает-

ся интенсивность бокового износа рельсов и возрастают затраты на ремонт и содержание пути. Этот фактор следует учитывать при проектировании плана новых линий или реконструкции старых. Может оказаться так, что соотношение эксплуатационных затрат и затрат на реконструкцию окажется не в пользу последних. В таком случае нет смысла реконструировать кривую. Поэтому анализ и исследование интенсивности бокового износа рельсов в кривых малого и среднего радиусов, а также затрат на эксплуатацию и содержание – актуальная проблема, имеющая научную основу.

Кривые в зависимости от величины радиуса классифицировали на кривые малого ($R \leq 600$ м), среднего ($1600 \geq R > 600$ м) и большого ($R > 1600$ м) радиусов. В качестве объекта исследований был выбран ряд кривых малого и среднего радиусов. Исследования проводились в период с 01.06.2001 по 10.03.2003. На интенсивность бокового износа головки наружного рельса в кривых малого и среднего радиусов влияет множество факторов, однако, для исследования и анализа были выбраны лишь те, на которые можно влиять и которыми можно управлять: возвышение наружного рельса, ширина колеи в кривых, радиус кривых, тип рельсов и качество рельсовой стали. В процессе экспериментальных исследований измерялись ширина рельсовой колеи в кривых малого и среднего радиусов, возвышение наружного рельса, боковой износ рабочей грани головки наружного рельса, вертикальный износ головок наружного и внутреннего рель-

сов. Измерения производились в кривых малого и среднего радиусов по осям каждой десятой шпалы в 25 местах в кривых № 1–16 и в 35 местах в кривых № 17–19. На каждом этапе исследований, которые проводились в среднем через каждые пять месяцев, вышеуказанные технические параметры измерялись в одних и тех же фиксированных местах.

Полученные результаты, как и ожидалось, подтвердили тот факт, что наибольшее влияние

на интенсивность бокового износа головки наружного рельса оказывает радиус кривых. Однако авторов в большей степени интересовало влияние отклонений от нормы ширины колеи и возвышения наружного рельса на интенсивность бокового износа головки наружного рельса. Результаты экспериментальных исследований представлены на рис. 1 и 2, где влияние возвышения наружного рельса выражено через непогашенное ускорение.

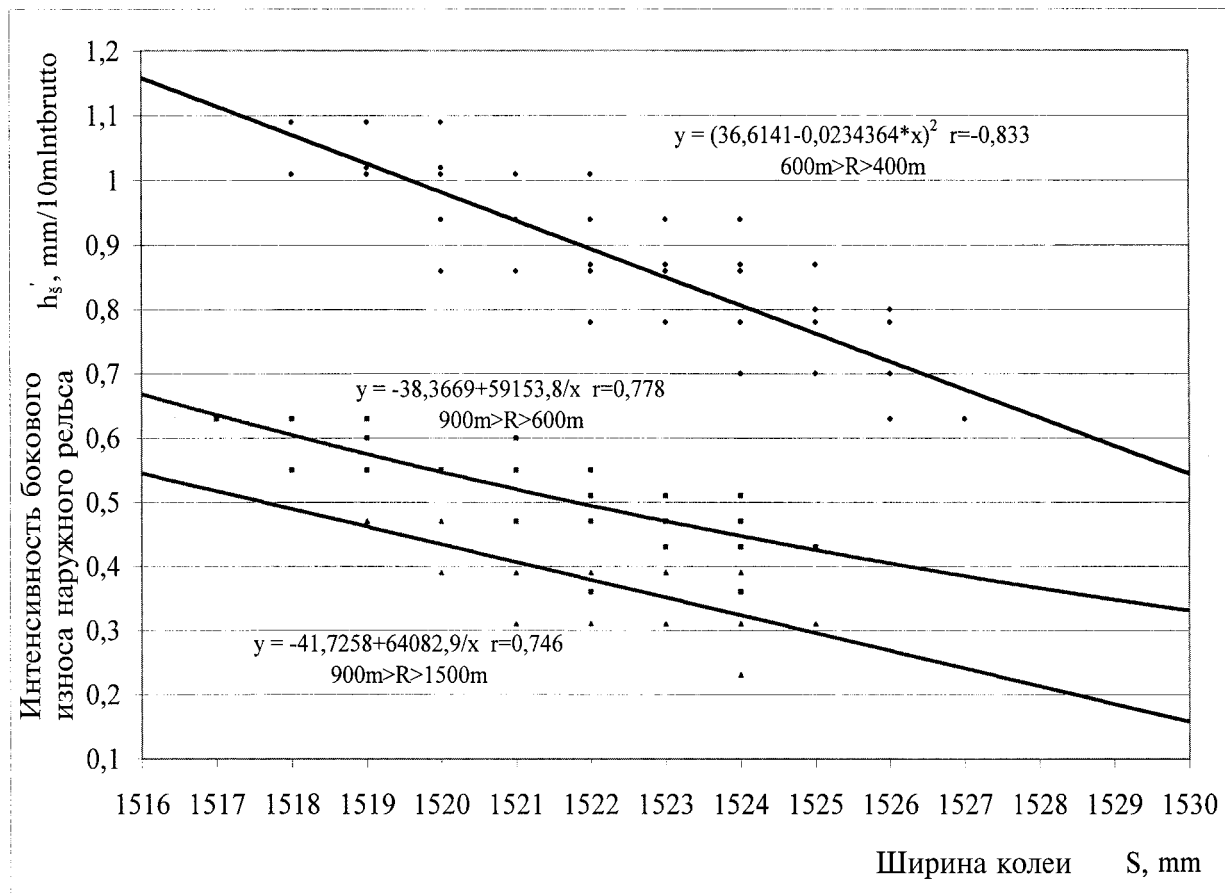


Рис. 1. Зависимость интенсивности бокового износа наружного рельса от ширины колеи

Анализ экспериментальных исследований позволяет уточнить действующие нормы геометрических параметров пути при устройстве и содержании кривых малого и среднего радиусов. В частности, предлагается уменьшить допустимое непогашенное ускорение до $0,6 \text{ м/сек}^2$ для пассажирских поездов с допустимыми отклонениями $\pm 0,1 \text{ м/сек}^2$, при этом не менять величины допустимого ускорения для

грузовых поездов $0,3 \text{ м/сек}^2$, что позволит уменьшить интенсивность бокового износа головки наружного рельса до 20 %. Одновременно предлагается ввести следующие параметры ширины колеи: 1524 мм в кривых, радиус которых $400 \text{ м} \leq R < 600 \text{ м}$; 1530 мм, когда $400 \text{ м} > R \geq 350 \text{ м}$ и 1535 мм; когда $R < 350 \text{ м}$.

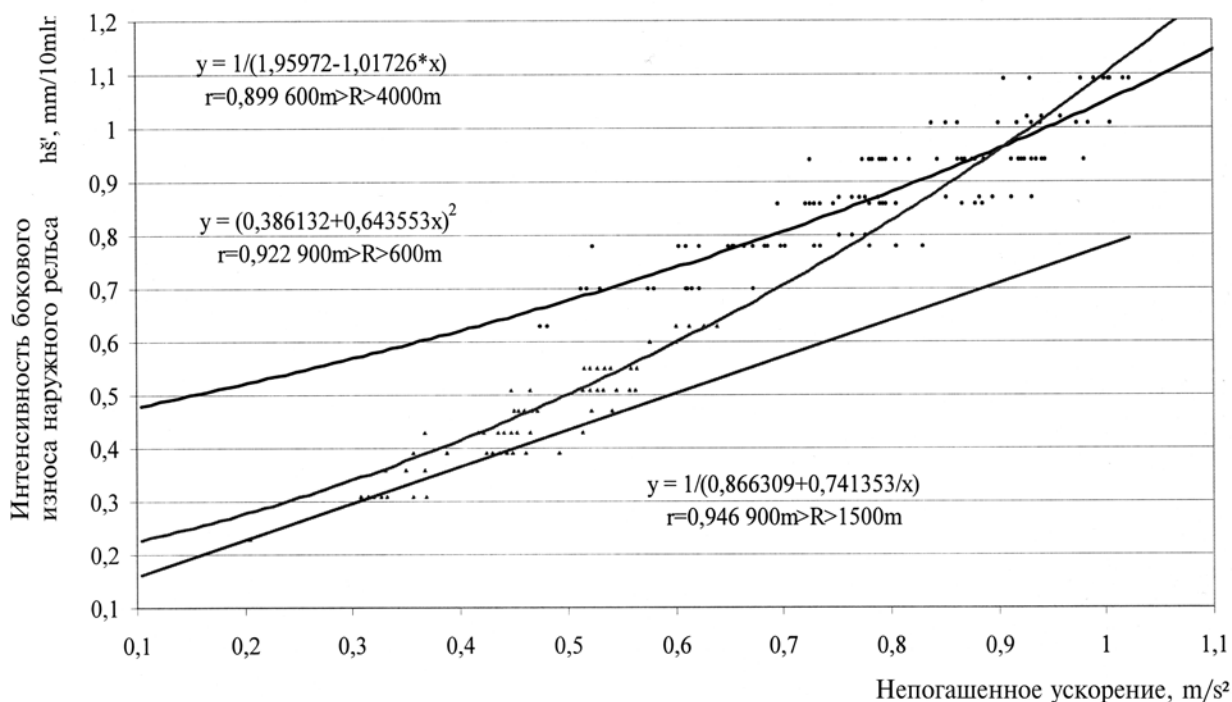


Рис. 2. Зависимость интенсивности бокового износа наружного рельса от величины непогашенного ускорения

Введение предлагаемых норм ширины колеи для кривых указанных радиусов позволит уменьшить интенсивность бокового износа от 28 до 40 %.

Условия движения поездов на кривых и прямых участках различаются по своему характеру. На прямых участках локомотив движется за счет тяговых сил, преодолевая целый ряд внешних сил сопротивления. На кривых участках в зависимости от радиуса кривой и скорости движения появляются дополнительные переменные центробежные усилия. Перед кривыми малого радиуса необходимо уменьшать скорость движения поездов, а после прохода кривой вновь увеличивать. На это расходуется дополнительная энергия. В кривых, длина которых зачастую составляет от 5 до 10 км, расходуется много дополнительной энергии [2]. Сопутствующие этому факторы отрицательно воздействуют на условия движения поездов и содержание пути. Затраты на преодоление негативных факторов при движении поездов в кривых малого и среднего радиусов предлагается определять по формуле

$$\Delta Z = (R^1 - R) \left[365n \left(\frac{l_t}{60} k_t + l_m + k_m \right) + G \left(\gamma e_y + a k_p \frac{1,5 l_p}{\omega} \right) \right] \cdot 10^{-2}, \quad (1)$$

где R^1 – радиус кривой, не ограничивающий скорости движения поездов, м; R – радиус существующей кривой, м; n – количество поездов, скорость движения которых ограничивается радиусом кривой; l_t – стоимость потери одного часа пассажиром в пути; l_m – стоимость одного поезда; e_y – эксплуатационные расходы на перевозку 1 млн т·км брутто грузов; e_p – расходы, учитывающие износ рельсов; k_p – коэффициент, учитывающий параметры кривой; a – значение угла поворота; G – грузонапряженность, млн т брутто/год; ω – износ рельсов в процентах от допустимой величины; γ – коэффициент пропорциональности распределения эксплуатационных расходов.

Расчеты, производимые по формуле (1), не дают точной оценки затрат, однако, они могут с достаточной точностью установить разницу в затратах на реконструкцию кривых разного радиуса. Инвестиции A , необходимые для реконструкции кривых, ограничивающих скорость движения поездов, предлагается рассчитывать по формуле (2)

$$A > E(1 + \eta)^t, \quad (2)$$

где E – дополнительные годовые расходы на эксплуатацию кривых, ограничивающих скорость движения поездов; η – коэффициент

дисконто; t – период времени, на который производится расчет.

По результатам проведенных исследований были сделаны следующие выводы:

1. Современные условия эксплуатации железных дорог требуют пересмотра и научно обоснованного уточнения норм, регламентирующих геометрические параметры пути (ширина колеи, допустимые отклонения, возвышение наружного рельса) в кривых малого и среднего радиусов.

2. Предлагается методика расчетов дополнительных расходов, необходимых для содер-

жания и реконструкции кривых малого и среднего радиусов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Л. Сакалаускас. Влияние развития норм проектирования железных дорог на скорость движения поездов. *Transportas* (Транспорт), XVI т., № 5, Вильнюс: Техника, 2001, С. 244–257 (на лит. яз.).
2. Л. Сакалаускас. Целесообразность пересмотра плана кривых железнодорожных линий при их реконструкции. *Transportas* (Транспорт), XIII т., № 1, Вильнюс: Техника, 1998, – С. 40–42 (на лит. яз.).

Поступила в редколлегию 02.02.04.