

УДК 504:625.4

## К ВОПРОСУ О СНИЖЕНИИ УРОВНЯ ШУМА ПРИ ДВИЖЕНИИ ТРАМВАЯ НА ЗАКРУГЛЕНИЯХ

*Канд. техн. наук, доц. СУХОДОЕВ В. Н.,  
студенты НЕДВЕЦКИЙ Е. С., БОГОЛЕЙКО А. В., ДРАБУШЕВИЧ С. И.*

*Белорусский национальный технический университет*

Движущееся колесо вагона создает многократное динамическое нагружение рельсовой колеи, сопровождаемое шумом и вибрацией. После устройства жестких стыков рельсов основная доля шума на прямых участках трамвайных путей обусловлена качением колеса по рельсу. На закруглениях путей к нему добавляется шум от трения скольжения колеса по рельсу. Чем больше шероховатость поверхности катания и зона контакта колеса с рельсом, тем больше шума. Его уровень зависит также от свойств материалов и особенно от геометрической формы колеса и рельса.

В [1] развита действующая теория вписывания подвижного состава при движении по железнодорожным путям, введен фактор конусности поверхности катания колесной пары и разработаны предложения по уменьшению износа колес и рельсов, а, следовательно, уменьшению шума.

Суть исследования заключается в том, чтобы установить причины резкого увеличения

шума, износа колес и рельсов. Это возможно лишь при комплексном и системном подходе к рассмотрению проблемы взаимодействия подвижного состава и железнодорожного пути, колеса и рельса как единой системы с учетом влияния ширины колеи на этот процесс.

Таким образом, основные параметры (факторы), определяющие движение подвижного состава, особенно в кривых участках пути: ширина колеи, возвышение наружного рельса, размеры колесной пары, включая профиль поверхности катания колеса, база и осьность тележки подвижного состава.

Рельсовая колея характеризуется шириной, положением рельсовых нитей по уровню и подклонкой рельсов [2]. Параметры рельсовой колеи должны быть такими, чтобы обеспечить безопасное движение экипажей и минимизировать их воздействие на путь. В зависимости от соотношения размеров рельсовой и колесной колеи и сил, приложенных к жесткой базе экипажа, зависящих от устройства колеи, радиуса

кривой и скорости движения, могут быть различные схемы вписывания (установки) экипажа в кривых: их подразделяют на заклиненные и свободные (по геометрическим соотношениям), на хордовые и перекосные (в зависимости от соотношения действующих сил).

При этом рельсы по отношению к верхней плоскости (постели) шпал укладывают с подуклонкой 1:20, т. е. такой же как основная поверхность катания колес. К примеру, на дорогах Европы при коничности поверхности катания колес 1:20 принята подуклонка рельсов также 1:20. В США при коничности 1:20 получила некоторое распространение подуклонка рельсов 1:40, при которой снижается масса подкладок.

При прохождении подвижного состава по кривой возникает центробежная сила, стремящаяся опрокинуть экипаж наружу кривой. Центробежная сила неблагоприятно действует на пассажиров, вызывает перераспределение вертикальных давлений на рельсы обеих нитей и перегруз наружной нити, а также оказывает дополнительное воздействие на путь при вписывании экипажа в кривую. Это влечет за собой усиленный износ рельсов наружной нити. Во избежание указанных явлений устраивают возвышение наружной рельсовой нити над внутренней. Появляющиеся горизонтальные составляющие веса экипажей за счет наклона полотна железнодорожного пути нейтрализуют негативные последствия влияния центробежных сил в кривых.

Величина возвышения определяется исходя из двух требований:

- обеспечение одинакового вертикального износа обоих рельсов в кривых, характеризуемого одинаковым давлением колес на наружную и внутреннюю рельсовые нити;
- обеспечение комфортабельности езды пассажиров, характеризуемой допускаемым непогашенным ускорением.

Для обеспечения одинакового вертикального износа обеих нитей необходимо, чтобы сумма нормальных давлений от всех поездов на наружную нить (или нормальных реакций  $E_n$  на эти давления) равнялась сумме нормальных давлений от тех же поездов на внутреннюю нить (или ее нормальных реакций  $E_v$  на эти давления). При этом и боковые силы, передава-

емые на наружную рельсовую нить, не будут чрезмерными.

Примерно 20 лет назад на железных дорогах Австралии и Канады в кривых начали применять рельсы с головкой несимметричной формы. Это позволило уменьшить сплющивание и выкрашивание рельса под действием высоких нагрузок. Широкие исследования влияния, которое оказывает несимметричность профиля рельса на износ колес и рельсов, представляющих собой замкнутую систему, ранее не проводились. Необходимо было определить возможность применения таких рельсов на современной городской железной дороге, обратив особое внимание на волнообразный износ и излучение шума.

Для вагонов трамвая г. Штутгарт (Германия) разработан несимметричный профиль для широкоподошвенного рельса типа S49. Эксплуатационные испытания проводились в течение года на участке, где в кривых уложены рельсы с несимметричной головкой (рис. 1).

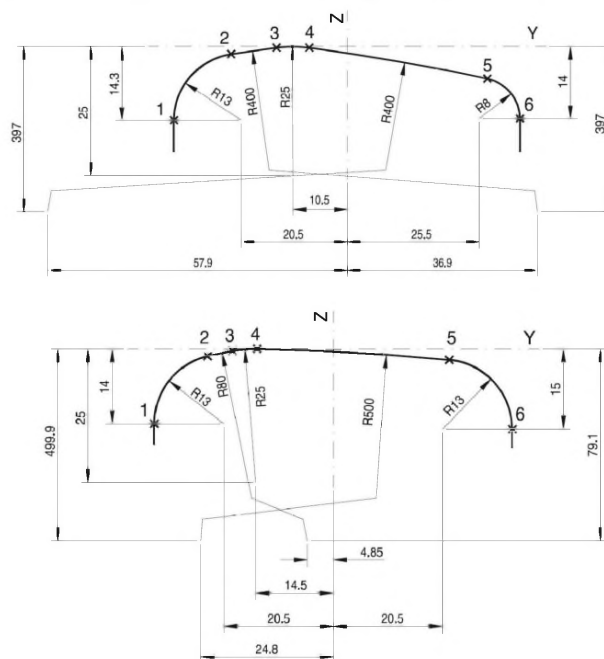


Рис. 1. Наружный и внутренний рельсы с несимметричным профилем

Благодаря несимметричной головке рельса в кривых дополнительно увеличивается разность радиусов поверхности качения. В особой степени это проявляется на задней колесной паре тележки, проходящей кривую с набегом гребня на рельс.

В 1996 г. в кривой радиусом 200 м одной из линий трамвая в г. Штутгарт были уложены рельсы несимметричного профиля. На рельсах соседнего пути к началу эксперимента устранили волнообразный износ, подготовив участок для использования в качестве контрольного. Частота и скорость движения были одинаковы в обоих направлениях. На наружном рельсе кривой обоих участков измеряли направляющие силы. На рельсе несимметричного профиля они снизились на 10 % (рис. 2). Такое снижение сил в зоне контакта «колесо – рельс» уменьшает напряжения в материале и соответственно абразивный износ при одном и том же проскальзывании.

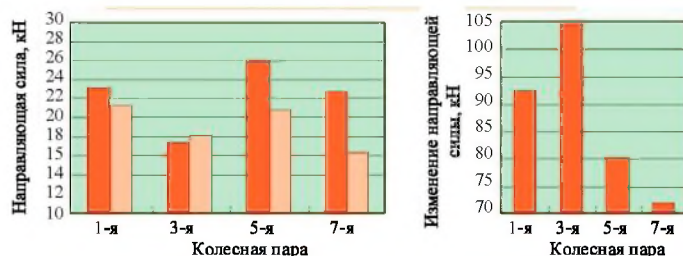


Рис. 2. Направляющая сила и ее изменение при использовании оптимизированной системы: ■ – стандартный профиль; □ – оптимизированный профиль

Через определенные интервалы времени проводили измерения профилей колес и головки рельсов. Волнообразный износ на внутреннем рельсе образовался в кривой через шесть месяцев. На практике волнообразный износ устраняют, когда он достигает глубины 0,1 мм. Экстраполяция измеренных значений показала, что глубины 0,1 мм на контрольном участке износ достигнет через 11,5 месяца, а на участке с рельсами несимметричного профиля – через 19,5 месяца. Это соответствует увеличению интервала времени между шлифованиями рельсов на 70 %. Средняя длина волны на внутреннем рельсе контрольного участка составляла 84 мм, а экспериментального – 105 мм. Следовательно, увеличение разности радиусов поверхности качения ведет к росту длины волны.

Уровень шума измеряли в течение недели. На стандартном расстоянии от оси пути, равном 7,5 м, в точке на высоте 1,2 м над поверх-

ностью катания рельса регистрировали уровни шума: максимальный  $L_{Amax}$  и средний  $L_{Acp}$ , а также превышающий на 1 % все остальные  $L_{AI}$ . Используя значения  $L_{Acp}$ , рассчитывали средний уровень шума (по шкале А) от проходящего поезда  $L_{Av}$ . На величину  $L_{Av}$  влияет скорость поезда. На городской железной дороге средняя скорость поезда в обоих направлениях составляла 52 км/ч. Все уровни шума относили к этому значению. Для проведения акустического анализа сопоставляли распределения уровня шума  $L_{Av}$  контрольного и опытного участков.

Стандартные отклонения средних значений на обоих участках различаются незначительно. Средние значения максимальных уровней составляют для экспериментального участка 82,9 дБ, для контрольного – 83,9; значение  $L_{Av}$  в первом случае равно 76,5, во втором – 77,5 дБ. Уровень излучаемого шума на экспериментальном участке в среднем ниже на 1 дБ. Согласно исследованиям уровень шума на участках уменьшился в среднем на 9,2 %.

Проведенный анализ показал, что может быть снижена и частота возникновения скрежета при прохождении вагонами кривых.

## ВЫВОД

Современный транспорт – сильный источник шума. Для снижения его действия разработано много теорий и принципов. Один из действующих способов снижения шума при движении трамвая по закруглениям является применение рельсов с несимметричной головкой. Исследования показали, что при использовании несимметричного профиля рельса действия направляющих сил снизились на 10 %, а уровень шума на участках уменьшился в среднем на 9,2 %.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Паныкин, Н. А. Причины интенсивного износа гребней колеса и рельса и пути его устранения / Н. А. Паныкин // Железнодорожный транспорт. – 1991. – № 11. – 10 с.
2. Железнодорожный путь / Т. Г. Яковлева [и др.]. – М.: Транспорт, 1999. – 196 с.

Поступила 09.06.2009