

шее количество отказов приходится на хозяйства: сигнализации и связи – 46,8 %, вагонное – 21,1 %, локомотивное – 13,8 %.

Анализируя положение с обеспечением безопасности движения на Гомельском отделении дороги можно сделать вывод, что причинами допущенных событий, связанных с нарушением правил безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта является, прежде всего,

несоблюдение технологии работы, как в эксплуатации, так и в ремонте. При этом необходимо отметить, что в организации управления движением поездов на железной дороге «человеческий фактор» играет важное значение. Поэтому в комплексной системе управления безопасностью на железной дороге и его структурных подразделениях необходимо совершенствовать методы подготовки и переподготовки кадров, их производственного обучения, которые позволят повысить уровень качества выполнения профессиональных функций и исполнительской дисциплины и обеспечат высокий и устойчивый уровень безопасности движения.

### **Список литературы**

1 **Пищик, Ф. П.** Безопасность движения на железнодорожном транспорте : учеб. пособие / Ф. П. Пищик. – Гомель : БелГУТ, 2009. – 269 с.

2 **Гапеев, В. И.** Безопасность движения на железнодорожном транспорте / В. И. Гапеев, Ф. П. Пищик, В. И. Егоренко. – Минск : Польша, 1996. – 360 с.

3 **Правила технической эксплуатации железной дороги в Республике Беларусь.** – Минск : Бел. ж. д., 2016. – 190 с.

---

### **СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:**

■ **Федченко Валерий Федорович**, г. Гомель, ГО «Белорусская железная дорога», заместитель начальника отделения железной дороги – главный ревизор по безопасности движения, nod4@nod.gomel.by.

УДК 656.2.08

## **ВЛИЯНИЕ S-ОБРАЗНЫХ КРИВЫХ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ РАБОТЫ**

*Е. А. ФИЛАТОВ*

*УО «Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель*

Путевая инфраструктура играет фундаментальную роль в обеспечении безопасности перевозочного процесса, во многом определяет его качество и основные показатели. Это влияние проявляется при взаимодействии путевого развития и подвижного состава и может быть определено понятием технической совместимости. История становления и развития железных дорог

сформировала ряд задач в этой области, где одним из определяющих факторов является наличие кривых участков пути. В таких зонах фиксируются наибольшие взаимные отклонения в паре «путь–вагон», что и формирует ряд задач по эффективной эксплуатации путевой инфраструктуры и подвижного состава.

На железнодорожных участках влияние кривых проявляется в основном в ограничении допустимых скоростей движения. На станциях они ниже, однако и радиусы кривых имеют гораздо меньшие значения. Следует отметить, что стремление обеспечить максимальную эффективность использования станционной инфраструктуры приводит к значительной концентрации кривых в стрелочных горловинах. Для этого применяются перекрестные стрелочные переводы, перекрестные съезды, прямые вставки минимальной длины между стрелочными переводами и кривыми, стрелочные переводы марки 1/6, стрелочные улицы сложных конструкций. Так при применении стрелочных улиц простейших типов на увязку одного пути приходится около 35 м станционной площадки (стрелочные переводы марки 1/9), а пучкообразная улица с использованием симметричных переводов марки 1/6 может уменьшить этот показатель в пять раз. Однако и количество кривых, приходящихся на один путь в таком случае в 2–4 раза больше, чем в горловинах других типов. Поэтому эксплуатационные качества таких конструкций другие – применение более коротких соединений путей привело к концентрации динамических нагрузок, связанных с движением подвижного состава по криволинейным участкам путей (круговым и *s*-образным кривым, стрелочным переводам и их комбинациям). Это во многом определяет ограничения при проектировании кривых, прямых вставок между ними и стрелочными переводами.

С другой стороны, развитие железных дорог сопровождалось ростом размеров подвижного состава, который отмечается и сегодня [1]. Эти процессы вызывают дополнительные ограничения, связанные с технической совместимостью путевого развития и подвижного состава при движении сцепленных вагонов и их автоматическом сцеплении [1]. Поэтому действующие требования значительно ограничивают величины радиусов круговых и *s*-образных кривых без прямой вставки [2–4]. Следует отметить, что *s*-образные конструкции создают дополнительные риски при эксплуатации путевой инфраструктуры. Поэтому оценка технической совместимости таких конструкций является весьма актуальной задачей и для ряда случаев может быть выполнена с помощью аналитических выражений, представленных ниже.

Условие оценки технической совместимости *s*-образной кривой без вставки по величине радиуса

$$R_s > \frac{n(2l+n)-l_r^2}{B-2\lambda}, \quad (1)$$

где  $n$  – длина консолей вагонов, м;  $l$ ,  $l_T$  – половина длины баз вагонов и их тележек, м;  $\lambda$  – дополнительное поперечное смещение центров зацепления автосцепок, мм,  $B'$  – ширина захвата автосцепки вагона, мм [5].

Оценим параметры путевого развития, обеспечивающие техническую совместимость с некоторыми моделями вагонов, распространенными на Белорусской железной дороге (БЧ). Так, широко используемым вагоном массовых типов является полувагон модели 12-783 (длиной 13,92 м), и требуемая величина радиусов  $s$ -образной кривой без вставки составит  $R_s = 235$  м. Для крытого вагона модели 11-280 (длиной 16,97) радиус составит уже 274 м. Широко эксплуатируются также и вагоны увеличенных размеров. Так для восьмиосной цистерны модели 15-871 (длиной 21,12 м) эта величина составит уже 410 м, а для крытого вагона модели 16-380-03 (длиной 22,156 м)  $R_s = 471$  м. На полигоне БЧ встречаются вагоны и больших размеров.

Достаточно распространены схемы взаимодействия, когда длина вагонов  $2l$  больше длины отдельных кривых  $l_{кр}$   $s$ -образной конструкции пути, и крайние тележки вагонов (относительно центра кривой) расположены на прямых участках. Положение вагонов задается смещением тележки относительно точки сопряжения прямой вставки и кривой  $p$ . Тогда радиус

$$R_{sk} > \frac{4l \cdot l_{кр} - (2l - p)^2 + 0,25l_T^2}{2l \cdot B'/n - 2\lambda}. \quad (2)$$

Для вагонов уже рассмотренных типов техническая совместимость обеспечивается при величине радиуса  $s$ -образной кривой, образованной двумя круговыми длиной 6,25 м каждая составит: полувагон модели 12-783 – 183 м, крытый 11-280 – 162 м, цистерна 15-871 – 238 м, крытый 16-380-03 – 222 м. Как видно, чем меньше длины кривых по отношению к длинам вагонов, тем меньше и радиус, обеспечивающий их техническую совместимость.

При наличии в  $s$ -образной кривой прямой вставки  $d$  (около 30 % кривых в горочных горловинах станций) техническую совместимость можно оценить с помощью выражения

$$R_{sd} > \frac{2n(l + p) - p^2 - l_T^2}{B' - 2\lambda} \quad (\text{при } d \leq 2n). \quad (3)$$

Величина радиуса  $s$ -образной кривой с прямой вставкой длиной 4,5 м должна быть не менее: полувагон модели 12-783 – 194 м, крытый 11-280 – 233 м, цистерна 15-871 – 375 м, крытый 16-380-03 – 430 м. Благодаря применению прямой вставки требуемые радиусы  $s$ -образной кривой заметно меньше, чем без вставки.

Когда в  $s$ -образной кривой ближайшие тележки вагонов размещаются на прямой вставке ( $d > 2n$ ), выражение для оценки технической совместимости примет вид

$$R_{sd}^d > n \frac{(2l - p)^2 + 0,25l_t^2}{2l \cdot B' + 2n \cdot \lambda}. \quad (4)$$

Для этого случая применение вставки длиной, например, 6,25 м заметно повышает техническую совместимость схем путевого развития и подвижного состава. Так ограничения радиусов составят: полувагон модели 12-783 – 107 м, крытый 11-280 – 138 м, цистерна 15-871 – 256 м, крытый 16-380-03 – 265 м.

Для схемы взаимодействия, образованной короткой  $s$ -образной кривой с вставкой, когда крайние тележки расположены на прямых участках, можно воспользоваться выражением

$$R_{sk}^d > \frac{4l \cdot l_{sp} - (2l - p)^2 + 0,25l_t^2}{4l / (0,7 + 2n / B') - 2\lambda}. \quad (5)$$

В этом случае при длинах кривых и вставки равных по 6,25 м, минимальные величины радиусов, обеспечивающие техническую совместимость: полувагон модели 12-783 – 124 м, крытый 11-280 – 126 м, цистерна 15-871 – 205 м, крытый 16-380-03 – 192 м. Как видно результат расчета зависит от соотношения длин кривых и вагонов, длин вставки и консолей вагонов.

Таким образом, представленный набор аналитических выражений позволяет достаточно просто оценивать влияние  $s$ -образных кривых на безопасность эксплуатационной работы с вагонами различных типов. В целом анализ радиусов кривых в горловинах станций БЧ показал, что четверть из них имеют радиус менее 200 м, а половина менее 250 [5]. Поэтому, представленные результаты расчетов для распространенных моделей вагонов инвентарного парка БЧ показывают, что на станциях имеются зоны с повышенным риском выполнения эксплуатационной работы. Особенно актуально оценить эти условия в горочных горловинах, где в процессе роспуска происходит автоматическое сцепление подвижного состава без непосредственного контроля со стороны человека. В других случаях определение опасных участков позволит повысить результативность контроля за выполнением маневров со сцеплением вагонов.

### Список литературы

1 Филатов, Е. А. Обоснование технической совместимости горловин железнодорожных станций и подвижного состава / Е. А. Филатов // Сб. науч. работ Днепропетровского нац. ун-та ж.-д. трансп. им. акад. В. Лазаряна «Транспортные системы и технологии перевозок». – Днепр : Изд-во Днепров. нац. ун-та ж.-д. трансп. им. акад. В. Лазаряна, 2020. – Вып. 19. – С. 25–36.

2 Правила и технические нормы проектирования станций и узлов на железных дорогах колеи 1520 мм. Министерство путей сообщения Российской Федерации. – М. : Техноинформ, 2001. – 255 с.

3 Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных) ГосНИИВ. – М. : ВНИИЖТ, 1996. – 319 с.

4 ГОСТ 22235–2010. Вагоны грузовые магистральных железных дорог колеи 1520 мм. Общие требования по обеспечению сохранности при производстве погрузочно-разгрузочных и маневровых работ. – М. : Стандартинформ, 2011. – 19 с.

5 **Филатов, Е. А.** Комплексное обоснование параметров путевого развития железнодорожных станций и геометрических размеров подвижного состава / Е. А. Филатов // Сб. науч. работ Днепропетровского нац. ун-та ж.-д. трансп. им. акад. В. Лазаряна «Транспортные системы и технологии перевозок». – Днепр : Изд-во Днепропетр. нац. ун-та ж.-д. трансп. им. акад. В. Лазаряна, 2018. – Вып. 16. – С. 93–101.

---

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

■ Филатов Евгений Анатольевич, г. Гомель, УО «Белорусский государственный университет транспорта», старший преподаватель кафедры управления эксплуатационной работой и охраны труда, [filatoff.ea@yandex.by](mailto:filatoff.ea@yandex.by).

УДК 629.424.1:621.311

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАСХОДА ЭНЕРГОРЕСУРСОВ МАГИСТРАЛЬНЫМИ ТЕПЛОВОЗАМИ

*С. Я. ФРЕНКЕЛЬ, А. П. ДЕДИНКИН*

*УО «Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель*

Объективное нормирование расхода топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) на тягу поездов является важнейшей предпосылкой решения проблемы энергосбережения. Цель нормирования заключается в установлении плановой меры потребления энергоресурсов на выполняемый объем транспортной работы заданного качества, вскрытия внутренних резервов экономики ТЭР и определении потребности в ТЭР на планируемый период.

Для определения потребности в топливе или электрической энергии структурных подразделений железнодорожного транспорта применяют плановые нормы удельного расхода энергоресурсов (УРЭ), которые представляют собой расчетное значение расхода ТЭР на выполнение тяговым подвижным составом единицы объема перевозочной работы. Плановые нормы УРЭ используют для оценки организации энергоиспользования при совершении перевозочного процесса [1].

Решение задачи нормирования расхода ТЭР напрямую связано с прогнозированием расхода. Очевидно, что погрешность прогнозирования опреде-