

разброс ее значений может быть самым различным и зависит от структуры потока. Исходя из этого в реальных условиях коэффициент g' необходимо рассчитывать вероятностным способом. В противном случае поправка g' будет определяться с ошибкой. Так, учет величины колебаний осевой нагрузки позволяет повысить точность расчета энергетической высоты, эквивалентной скорости роспуска на вершине горки, примерно на 6–9 %. Уточняются скоростные параметры движения отцепов на спускной части горки и на сортировочных путях, которые влияют на временные интервалы между отцепами и условия их взаимодействия. Правильный расчет этих интервалов непосредственно оказывает влияние на безопасность работы горки, сохранность подвижного состава и грузов.

Получены новые выражения для расчета практически достижимой скорости входа ОХБ на первую тормозную позицию в зависимости от ряда определяющих факторов (высота горки, крутизна и длина скоростных участков горки, максимальная скорость роспуск, количество путей в сортировочном парке и др.). Величина этой скорости важна при проектировании тормозных средств сортировочной горки (потребной мощности тормозных позиций, рационального количества вагонных замедлителей), продольного профиля ее спускной части и начала сортировочных путей. По сути, предпринята попытка разрешения одной из неопределенностей в горочной теории.

7 Обычно мощность вагонных замедлителей задается средней величиной. Однако этого в современных условиях работы сортировочных горок уже явно недостаточно. Тормозная мощность одного замедлителя есть величина случайная с математическим ожиданием h_t и среднеквадратическим отклонением σ_t . Поэтому нельзя говорить о том, что суммарная мощность тормозных средств равна сумме мощностей отдельных замедлителей, т. е. необходимо говорить о суммарной мощности тормозных средств только как о вероятностной величине, которая будет гарантирована с определенной вероятностью. В данном случае учтено, что расчетная потребная тормозная мощность горки не превышала бы наличную, например, в 1 случае из 100. Увеличение количества замедлителей увеличивает общую тормозную мощность не пропорционально, а экспоненциально, т. е. наблюдается эффект насыщения. Если же разброс характеристик замедлителей возрастает, то условия работы горки ухудшаются. В связи с этим в документе приведены адаптированные выражения для расчета потребной мощности 1, 2 и 3-й тормозных позиций сортировочных горок.

8 С учетом изменения характеристик подвижного состава на роликовых подшипниках, улучшения их ходовых качеств и увеличения осевой нагрузки пересмотрены подходы к проектированию немеханизированных сортировочных устройств, как правило, горок малой мощности местного и регионального значения. Обоснована мощность тормозных позиций и допустимая длина юза при башмачном торможении отцепов для предотвращения образования термомеханических повреждений на поверхности катания колес вагонов, рекомендуемая величина которой равна 10–12 м, а максимально допустимая – 15 м. Необходимо предусматривать на таких горках применение дополнительных устройств для проворота колесных пар во время движения юзом, применение специальных (композитных) горочных тормозных башмаков.

9 Приведены характеристики, особенности конструкции и использования новых технических средств (замедлителей, компрессорных установок, гидравлических станций, аппаратно-программных комплексов и др.), перспективных устройств закрепления подвижного состава на приемо-отправочных, сортировочно-отправочных путях парков станций типа «ЗУБР», «УВУ», устройств заграждения на сортировочных путях парков «БЗУ-ДУ-СП», ТВЗ (стопперы) в одиночном и комплексном исполнении. На основе данных механических устройств разрабатываются автоматизированные системы закрепления подвижного состава в парках станций для повышения безопасности перевозочного процесса, сокращения локомотиво- и вагоно-часов простоя, вывода персонала из опасных зон.

УДК 625.16.096

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕЕЗДОВ

В. Я. НЕГРЕЙ, Г. В. ЧИГРАЙ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Развитие теории безопасности транспортных систем в значительной мере связано с разработкой эталонных алгоритмов расчета основных параметров, определяющих безопасность перевозочного процесса.

Одним из кластеров, определяющих безопасность работы автомобильного и железнодорожного транспорта, являются железнодорожные переезды; ключевым параметром, определяющим безопасность, – тормозной путь.

Безопасность перевозочного процесса всегда оставалась приоритетом в развитии железнодорожного транспорта. Одно из наиболее опасных мест на железных дорогах – переезд. Здесь совершается пересечение в одном уровне железной дороги с автомобильной. Кроме того, преимуществом в движении пользуются поезда, которые имеют гораздо больший, чем автомобили, тормозной путь. Если же учесть, что машинист поезда часто имеет ограниченную видимость переезда, то он не может предотвратить нарушения, которые допускает водитель автомобиля на переезде.

На железнодорожном транспорте для определения длины тормозного пути используется логико-вероятностный подход. В рамках существующих методов расчета этого параметра исходят из детерминированной природы протекающих процессов. В частности, допускается, что время реакции машиниста является детерминированной величиной и не зависит от целого ряда факторов. Еще более серьезные допущения принимаются в отношении времени срабатывания автотормозов. В действительности указанные параметры подвержены существенным колебаниям, которые носят вероятный характер. Об этом говорят многочисленные эргономические и технические эксперименты, выполненные как на транспорте, так и в других отраслях науки и техники.

Еще более сложный характер имеет такая величина, как тормозной путь автомобиля. На автомобильном транспорте расчет величины тормозного пути ведется для детерминированных условий по формуле

$$S_m^a = \frac{v^2}{2g(\varphi \pm i_a)}, \quad (1)$$

где v – скорость движения автомобиля в момент начала торможения, м/с; g – ускорение свободного падения, м/с²; φ – коэффициент сцепления автомобильных шин с дорожным покрытием; i_a – уклон автомобильной дороги, ‰.

Анализ выражения (1) показывает, что оно не учитывает расстояние, которое пройдет автомобиль за время реакции водителя, и длину самого транспортного средства. В действительности тормозной путь является частью полного пути торможения.

Исследования показывают, что проектирование режимов безопасного движения на переездах нуждается в существенных изменениях. Статистика позволяет отметить, что особый подход требуется к обеспечению безопасности движения при снятии охраны на переезде. Для практики проектирования и эксплуатации железнодорожных переездов важно установить опасную зону торможения – расстояние, на котором остановится автомобиль с учетом всех факторов.

В общем виде выражение для расчета длины опасной зоны торможения имеет вид

$$L_{от} = v_a t_p + \frac{v^2}{2g(\varphi \pm i_a)} + l_a + l_{п} (+\Delta), \quad (2)$$

где v_a – скорость движения автомобиля в начале опасной зоны, км/ч; t_p – продолжительность реакции водителя, с; l_a – длина автомобиля, м; $l_{п}$ – расстояние от входного до выходного шлагбаума, м.

Принятые в действующей практике нормативы длины опасной зоны торможения на переездах не соответствуют реальным условиям эксплуатации, так как справедливы только для детерминированного случая, когда отсутствует влияние случайных факторов. Расчеты показали, что в диапазоне скорости движения от 5 до 60 км/ч относительная ошибка в определении важнейшего параметра безопасности движения на переезде детерминированным методом составляет 40–60 % и требует изменения сложившейся ситуации. Однако в реальных условиях продолжительность реакции водителя, начальная скорость торможения, коэффициент сцепления и другие факторы являются случайными величинами.

Выполненные исследования показывают, что продолжительность реакции водителя t_p описывается нормальным законом распределения, т. е.

$$P(t_p) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t_p - \bar{t}_p)^2}{2\sigma^2}}, \quad (3)$$

где \bar{t}_p – математическое ожидание продолжительности реакции водителя, с; σ – среднее квадратическое отклонение продолжительности реакции водителя, с.

Если случайна величина t_p , то и величина l_p является случайной и будет описываться нормальным законом распределения.

$$P(t_p) = \frac{1}{\sigma v \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t_p - \bar{t}_p)^2}{2(\sigma v)^2}}, \quad (4)$$

Учет вероятностного характера составляющих величин позволит повысить точность расчета длины тормозного пути и обеспечить достаточный уровень риска и безопасности движения транспортных средств на железнодорожных переездах.

Принцип выбора пороговых значений величины длины тормозного пути для железнодорожного и автомобильного транспорта представлен на рисунке 1.

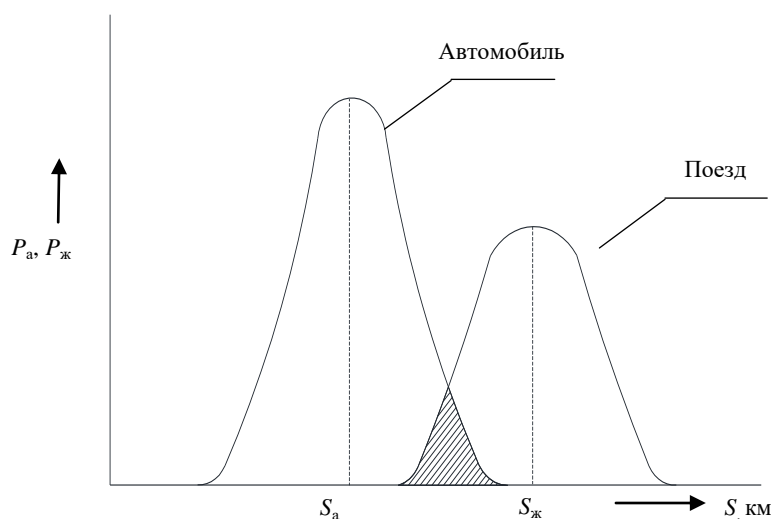


Рисунок 1 – Выбор пороговых значений величины длины тормозного пути для железнодорожного и автомобильного транспорта

Заштрихованная область ψ на рисунке 1 представляет собой уровень риска при движении по автомобильному переезду и является разницей двух случайных величин.

Таким образом, учет вероятностных характеристик движения поездов и автомобилей указывает на необходимость проведения целой системы мер, направленных на увеличение расстояния видимости и длины расчетного тормозного пути.

Поэтому для уменьшения случаев крушений, аварий и браков важное значение имеет разработка эталонных алгоритмов и методик проектирования (эксплуатации) транспортных объектов.

УДК 656.225 + 06

К ВОПРОСУ РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ

И. А. СОЛОП, Е. А. ЧЕБОТАРЕВА

*Ростовский государственный университет путей сообщения,
г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация*

П. В. КУРЕНКОВ

Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

Соблюдение безопасности движения на железнодорожном транспорте является ключевым фактором, обеспечивающим эффективность работы перевозочного процесса. Развитие скоростного движения поездов и повышение скоростей движения [1], расширение сфер функционирования железнодорожного транспорта [2], охватывающее внутригородские перевозки растущих мегаполисов и аэроэкспрессы, ввод в эксплуатацию железных дорог в сложных климатических условиях требуют постоянного совершенствования уровня безопасности для пассажиров, перевозимых грузов и