

Учитывая, что  $P(t) + Q(t) = 1$ , где  $Q(t)$  – вероятность работы с отказом.

Выполнив математические преобразования, можно получить выражение для работы системы в нормальном режиме:

$$P(t) = e^{-(\lambda_o + \lambda_n)t} \quad (2)$$

Безопасность будет оцениваться с помощью выражения

$$P(t) = e^{-\lambda_o t} \quad (3)$$

В рамках логико-вероятностного подхода к оценке безопасности транспортных систем особую актуальность играют вопросы оценки безопасности работы оператора в системе «человек – машина» и далее, в том числе, когда «машина» заменяет человека и защищает его от опасности. Необходимо признать, что вероятность опасного отказа человека и его учет в теории безопасности транспортных систем не эквивалентен вероятности опасного отказа техники. Здесь предстоит выполнить большой объем исследований в области влияния на разумное поведение человека усталости, климатических факторов, дня недели, года, «памяти» на опасность, возможности контакта с широким кругом людей. Поэтому в рамках логико-вероятностного метода принципиальной особенностью является учет корреляционной связи между опасным отказом техники и ошибкой оператора. Другими словами,

$$P_6(t) = e^{-[T_{cl}(\lambda_o^T \beta (1 - P_3) + \lambda_o^{op})]t} \quad (4)$$

где  $\beta$  – коэффициент, учитывающий влияние оператора на опасный отказ техники ( $\beta < 1,0$ );  $T_{cl}$  – срок службы системы;  $\lambda_o^T, \lambda_o^{op}$  – интенсивность опасных отказов техники и оператора, соответственно;  $P_o$  – вероятность обнаружения опасного отказа;  $P_3$  – вероятность перевода системы в защитное состояние.

Для оценки величины интенсивности  $\lambda_o^{op}$  необходимы дополнительные исследования.

В основе логико-вероятностного метода исключительно важное место занимает процедура сопоставления безопасности различных служб, подразделений, отдельных производств или технологий. Для этого следует разработать метод оценки экономического ущерба от нарушения безопасности. Методики сопоставления частичной или полной потери человека, материальный ущерб от нарушения безопасности транспортной системы, косвенные потери, которые возникают в специальной сфере, позволяют качественно управлять системой обеспечения безопасности.

Одной из ключевых задач является правильная оценка состояния техники. В принципиальной формуле (4) расчет параметра  $T_{cl}$  следует приводить с учетом периодичности и объема восстановления каждой транспортной единицы, которые обеспечивают заданный уровень вероятности отказа с учетом особенностей эксплуатации и морального старения техники.

Следующая задача, связанная с логико-вероятностным подходом к оценке безопасности транспортной системы, отождествляется с глубоким пониманием разницы между надежностью и безопасностью. Первая изучает многочисленные и стабильные (нормальные) состояния системы, а вторая – редкие и опасные, поэтому значительный интерес представляет изучение поведения «хвостов» теоретических распределений, т. е. экстремальных событий. Такой подход позволяет предсказать ожидаемую величину безопасности.

УДК 656.212.5:629.46

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ БЕЗОПАСНОСТИ СОРТИРОВОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ НАХОЖДЕНИИ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА В ПАРКАХ СОРТИРОВОЧНЫХ СТАНЦИЙ**

*В. Я. НЕГРЕЙ, С. А. ПОЖИДАЕВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

*В. П. ЧАЕВСКИЙ*

*СЗАО «Электромеханический завод», г. Молодечно, Республика Беларусь*

Одной из ключевых задач повышения безопасности перевозочного процесса является работа железнодорожных станций и узлов, их конструкция, адаптация схемных решений к современным условиям. Принципиальной особенностью развития железнодорожных станций и узлов становится их функцио-

нирование в условиях знакопеременных объемов работы на «жизненном цикле». Особое место в проблеме повышения безопасности перевозочного процесса занимают сортировочные комплексы железнодорожных станций (сортировочных, участковых, грузовых, а также промышленных). Сортировочные горки являются наиболее эффективным средством выполнения маневровой работы по сравнению с другими типами сортировочных устройств (вытяжные пути со стрелочными горловинами на площадках и уклонах). Необходимо отметить, что безопасность функционирования и эксплуатационные показатели работы во многом зависят от параметров их конструкций и уровня технического оснащения.

На железнодорожном транспорте Республики Беларусь проводится большая работа по совершенствованию конструкций существующих сортировочных устройств, их технического оснащения, развиваются технические условия проектирования элементов станций и узлов, выполняется целый ряд технических и технологических мероприятий, направленных на повышение безопасности работы сортировочных комплексов железнодорожных станций. В то же время повсеместно используются и такие ручные средства, как тормозные башмаки для регулирования скоростей движения отцепов на немеханизированных тормозных позициях сортировочных горок, закрепления составов, вагонов в парках станций, погрузочно-выгрузочных путях. Проблемным вопросом является закрепление подвижного состава и заграждение путей в парках станций на тех участках, где имеются неблагоприятные сочетания элементов продольного профиля, способствующие возникновению самопроизвольного движения вагонов. Таких путей порядка 150 на станциях Белорусской железной дороги. На 10 станциях требуется установка механизированных закрепляющих устройств.

В рамках теории безопасности и дальнейшего развития методологического подхода к установлению таксонов опасности и их влияния на уровень безопасности перевозочного процесса при закреплении подвижного состава в парках станций в исследовании выполнен анализ факторов, приведших к сходу вагона в Центральном парке станции Барановичи-Центральные в результате выдавливания тормозных башмаков из-под колес первой тележки и последующего взреза стрелочных переводов по маршруту самопроизвольного движения. На основе представленных видеоматериалов о процессе движения вагона при наезде на тормозные башмаки, уложенные на выходном участке пути Центрального (местного сортировочно-отправочного) парка станции Барановичи-Центральные, можно сделать следующие выводы о возможных факторах и причинах выдавливания тормозных башмаков из-под колес тяжелогруженого вагона (масса нетто 66 т, груз – цемент).

Выдавливание (выжимание с вылетом) тормозных башмаков является следствием действия в сочетании нескольких неблагоприятных факторов (таксонов опасности). К ним можно отнести: отклонение геометрии участка пути Центрального парка станции, на котором укладываются тормозные башмаки, в плане и профиле; износ головки рельса, наличие дефектов головки рельса в месте движения юзом вагона с тормозными башмаками (накат, уступ, расплющивание, выработка и т. д.); вывешивание колес первой колесной пары тележки по ходу движения, под которые укладываются выбиваемые башмаки (вывешивание может происходить по причинам отклонения геометрии участка пути, разного уровня головок рельсов участка пути, наличия деформаций головки рельса, неравномерности загрузки груза в вагоне и др.); дефекты поверхности катания колеса; масляное загрязнение рельсов участка пути, колес вагона и башмаков; тип башмаков, износ и дефекты тормозных башмаков (сплющивание носка башмака, придание верхней поверхности уклона к его концу увеличивает вероятность выжимания башмака, нестандартные размеры башмака) или использование новых башмаков; проворот колесной пары на башмаках из-за недостаточного трения (сцепления) между верхней поверхностью колодки и носка башмаков и поверхностью катания колес колесной пары; погодные условия.

В результате действия в сочетании указанных неблагоприятных факторов (таксонов опасности) происходит уменьшение силы трения (сцепления) между верхней поверхностью колодки и носка башмака и поверхностью катания заклиненных колес первой тележки вагона по ходу движения, а т. к. сила давления колес на башмаки значительно превышает силы сопротивления движению юзом по рельсам, это приводит к самопроизвольному движению (выжиманию с вылетом или выдавливанием) башмаков. В результате этого в процессе движения юзом колёса постепенно соскальзывают с башмаков и выдавливают их перед собой. Усугублять такое состояние может наличие уклона участка пути, направленного в сторону движения вагона, масляных загрязнений рельсов и башмаков. В таких условиях согласно рекомендациям работникам сортировочных станций для предупреждения подобных ситуаций при наименьшем трении между башмаком и колесом и башмаком и рельсом на носок башмака и перед ним насыпают песок.

Учитывая, что тормозные башмаки устанавливали в конце паркового пути, обеспечивая достаточное расстояние для заезда и сцепления локомотива с вагонами, их стоянки в ожидании выполнения технологических операций и отправления поезда, можно предположить, что на этих участках пути рельсы будут иметь масляные загрязнения от локомотивов. Замедленная видеосъемка показала, что непосредственно в месте выжимания башмаков, скорее всего, имеются масляные загрязнения на головке и шейке рельсов, расположенные в створе на обоих рельсах. В данных условиях наиболее вероятными причинами выдавливания тормозных башмаков из-под первой колесной пары тележки по ходу движения вагона являются: дефекты рельсов участка пути (расплющивание головки рельса) и отсутствие достаточного сцепления башмака с рельсом; наличие масляных загрязнений рельсов на данном участке пути; состояние тормозных башмаков. Причем новые башмаки могут иметь худшие тормозные качества по сравнению с эксплуатируемыми. При наличии масляных загрязнений на поверхности рельсов тормозной эффект от башмаков снижается в 1,5 раза.

Для повышения безопасности технологических процессов целесообразно применение современных технических средств закрепления и удержания подвижного состава на парковых путях станций, позволяющих, во-первых, вывести работников, непосредственно связанных с движением поездов, из травмоопасной зоны и, во-вторых, автоматизировать процесс закрепления составов и вагонов. К ним относятся такие устройства, как упор тормозной стационарный «УТС-380» и его модификации (УТС-380 эксплуатируются на станции Барановичи-Центральные), балочные заграждающие устройства различных типов, например, «БЗУ-ДУ-СП2К», фрикционно-рельсовое устройство нажимного действия АСУ-ЗР-65, закрепляющее устройство балочное рычажное «ЗУБР» для приемо-отправочных путей станций, домкратовидные устройства закрепления и др. Одно устройство «ЗУБР» может заменить 6–8 тормозных башмаков. Часть из перечисленных устройств уже эксплуатируется, а другая часть находится в стадии разработки, испытаний и апробации. Актуальным является уточнение эксплуатационных характеристик устройств. Эти характеристики влияют на определение требуемого количества устройств для установки на станционных путях. Так, в БелГУТе получено выражение для оценки требуемого количества удерживающих устройств на одном пути парка  $K_3$  в зависимости от фактических условий их размещения (массы поезда  $Q_{бр}$ , усредненного уклона пути  $i_{спр}$ , суммарного  $F_{сопр}$  и удельного сопротивления движению  $w$ ) вида

$$K_3 = \frac{Q_{бр} g}{F_{уд} \cos(\arctg i_{спр})(1 + i_{спр}^2) / i_{спр}} - \frac{F_{сопр}}{F_{уд}} \quad \text{или} \quad K_3 \approx \frac{Q_{бр} g (i_{спр} - w) \cdot 10^{-3}}{F_{уд}}.$$

Например, если  $Q_{бр} = 4000$  т;  $i_{спр} = 2,5$  ‰;  $w = 1,0$  Н/кН и  $F_{уд} = 60$  кН, то  $K_3 = 1$  устройство, которое может заменить установку на пути 7–8 тормозных башмаков.

К новым и перспективным типам таких устройств относится удерживающее клещевидно-весовое гидравлическое устройство для приемо-оправочных и сортировочно-отправочных путей («УВУ»), разработанного Молодечненским электромеханическим заводом. В настоящее время опытный образец устройства проходит эксплуатационные испытания на Белорусской железной дороге. Его конструктивная особенность заключается в том, что создаваемое усилие нажатия тормозных рельсов эквивалентно нагрузке колеса на ходовой рельс (до 150 кН), что позволяет предотвратить «выдавливание» колес вагонов из устройства при закреплении и обеспечить большее усилие удержания  $F_{уд}$ .

УДК 656.21.001.2:004

## ТОПОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКВИВАЛЕНТНОСТЬ МАСШТАБНОГО ПЛАНА И НЕМАСШТАБНОЙ СХЕМЫ СТАНЦИИ

*Е. М. ПЕРЕПЛАВЧЕНКО*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Цифровой масштабный план железнодорожной станции представляет собой набор строго позиционированных объектов путевого развития и технического оснащения. Немасштабная схема станции не имеет точных координат привязки объектов и формируется как графическая иллюстрация станционных объектов, обладающих связностью, повторяющей взаимное расположение путей и