

ки  $H_p$  (при аналогичном расстоянии, равном 50 м) или существующей высотой горки, м эн. в.;  $h_0$  – удельная энергетическая высота, соответствующая установленной скорости роспуска  $v_0$ , м эн. в. Установленная скорость роспуска для немеханизированных горок малой мощности составляет  $v_0 = 0,8 \dots 1,0$  м/с или примерно 3–4 км/ч (ВСН 207–89).

После отрыва длинного отцепа из порожних вагонов скорость роспуска  $v_0$  снижается до установленной величины и процесс расформирования состава продолжается. Применение РРПС позволяет обеспечить докатывание порожних вагонов до заданной точки, сократив затраты на осаживание вагонов в парке без увеличения высоты горки. В благоприятной ситуации роспуск должен вестись с установленной скоростью для данного типа горок, которая при необходимости может быть повышена до потенциально реализуемой максимальной величины. Режим роспуска с переменной скоростью в сочетании с высоким и крутым подъемом надвижной части горки также эффективен при необходимости использовать такой способ в качестве основного технологического режима работы горки, уменьшения скоростей входа длинных тяжелых отцепов в парк, что особенно важно для немеханизированных сортировочных устройств, не имеющих мощных парковых тормозных позиций.

УДК 656.224/.225:656.2.08

## РАЗВИТИЕ МЕТОДОЛОГИИ ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

*В. Я. НЕГРЕЙ, С. А. ПОЖИДАЕВ, С. В. ДОРОШКО,  
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

1 Безопасность перевозочного процесса всегда являлась главным приоритетом в функционировании и развитии транспорта. Для предотвращения опасных ситуаций важное значение имеет разработка методологии оценки и прогнозирования безопасности перевозочного процесса и его отдельных элементов.

В своем развитии теория безопасности перевозочного процесса прошла несколько этапов:

– хронологический, когда в основном фиксировались опасные ситуации (отказы), накапливалась информация, выявлялись только некоторые тенденции роста или уменьшения количества опасных ситуаций. В рамках этого периода сформировался ряд известных законов безопасности (законы Мерфи, Чизхолма Финейгла и др.);

– хронометрический. Безопасность оценивалась по ряду относительных показателей (относительное количество опасных ситуаций на  $10^5$  т·км, статистические коэффициенты безопасности и др.). Главным недостатком этих периодов является невозможность прогнозирования уровня безопасности, а также детерминированный подход к его оценке;

– логико-вероятностный этап теории безопасности. Современный этап развития теории безопасности транспортных систем характеризуется формированием логико-вероятностного подхода к оценке безопасности транспортных процессов.

2 Этот этап развития методологии безопасности начал формироваться относительно недавно и связан с логико-вероятностным представлением о характере транспортных процессов, выявлением скрытых взаимосвязей между неопасными и опасными отказами, автокорреляции внутри отдельных опасных состояний. Существенным вкладом в теорию является формирование многоуровневой системы оценки и прогнозирования безопасности элементов перевозочного процесса. Наиболее ответственные процедуры – это:

– формирование и выбор системы показателей безопасности;

– установление эталонных нормативных значений показателей и методов их расчета;

– выбор параметров технических средств и профессиональных характеристик персонала, обеспечивающего заданный уровень безопасности;

– установление новых явлений и закономерностей, которые оказывают существенное влияние на безопасность. Выделение таксонов опасности и их размещение на инфраструктуре железной дороги.

3 Сегодня исключительное значение имеет разработка эталонных алгоритмов и методик оценки безопасности как проектируемых, так и эксплуатируемых объектов.

В качестве примера в докладе рассматривается несколько таких алгоритмов. Показано, что чрезвычайно важно перейти к логико-вероятностному методу нормирования параметров тормозной зоны (проектирование параметров пересечения железной и автомобильной дорог, расстановка сигналов, управление тормозными системами на сортировочных горках и др.).

Исследования показали, что вероятностная оценка проезда запрещающего сигнала с помощью эталонного алгоритма позволяет повысить безопасность (сократить количество проездов запрещающего сигнала) в грузовом движении на 48–74 %, маневрах – 66–87 %, в пассажирском движении – 48–70 %.

Аналогичные исследования выполнены по оценке длины тормозного пути грузовых поездов, учету влияния случайных факторов на тормозной путь, что позволяет установить предельные значения длины тормозного пути для различных значений массы и скорости движения поезда, колебаний реакции машиниста и других факторов. Например, расчетная величина тормозного пути поезда массой 3500 т на уклоне 5 ‰, установленная с учетом случайных факторов уже на скорости поезда 70 км/ч превышает нормируемую величину и не обеспечивает безопасности перевозочного процесса.

4 Целесообразно разработать и утвердить эталонный алгоритм расчета длины участка приближения на переездах. Предварительные расчеты показывают, что нормируемая длина участка приближения не учитывает в полной мере психофизиологические характеристики персонала, случайный характер коэффициента сцепления и других факторов. Дефицит длины участка приближения нарастает с увеличением скорости движения поездов и сокращении нормируемого времени. Аналогичные изменения целесообразно внести и для расчета параметров переезда со стороны автомобильного транспорта.

5 Важное значение для развития теории безопасности и ее влияния на принятие управленческих решений играет методология оценки экономических потерь, возникающих в результате нарушения безопасности перевозочного процесса. В первую очередь требуется разработка методологических основ оценки экономических потерь, вызванных нарушениями безопасности технологических процессов. В докладе на примере оптимизации управления вагонопотоками показано влияние «феномена безопасности» на уровень их транзитности, приводятся другие примеры эксплуатационной практики работы железнодорожного транспорта. Повышение уровня безопасности приводит к изменению принимаемых решений. Например, повышение безопасности технологического процесса расформирования составов сокращает количество ползунов, уменьшает «бой» подвижного состава, сокращает количество сходов на станциях и других опасных явлений. В результате существенно изменяется эффективность повышения транзитности вагонопотоков.

Экономико-математическая модель формирования одногруппных поездов с учетом «эффекта безопасности»:

$$E = \sum_{i=1}^n c_i \bar{m}_i + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n N_{ij} t_{эк,ij} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n N_{ij} \Delta t_{эк,ij},$$

где  $E$  – суммарные затраты вагоно-часов на формирование и пропуск одногруппных поездов на направлении и их экономии на станциях переработки с учетом «эффекта безопасности», вагоно-час;  $c_i$  – параметр накопления вагонов  $i$ -й струи на состав;  $\bar{m}_i$  – среднее количество вагонов  $i$ -й струи в составе поезда, формируемого на станции;  $n$  – количество струй вагонопотоков;  $m$  – количество станций (назначений) следования вагонопотоков на направлении;  $N_{ij}$  – количество вагонов  $j$ -й струи, перерабатываемых на  $i$ -й станции;  $t_{эк,ij}$  – экономия вагоно-часов при проходе  $j$ -й струи на  $i$ -й станции транзитом;  $\Delta t_{эк,ij}$  – временной эквивалент простоя вагонов, зависящий от уровня безопасности пропуска  $j$ -й струи на  $i$ -й станции.

6 В рамках теории безопасности дальнейшее развитие должен получить методологический подход к установлению таксонов опасности и их влиянию на уровень безопасности перевозочного процесса. Например, опасный таксон для схода подвижного состава: радиус кривой  $R_{пл}$  меньше 800 м, точка перелома профиля линии с разностью уклона более 5 ‰, резкое торможение. В рамках таксономии опасных ситуаций особое влияние следует уделить оценке влияния сроков службы подвижного состава и инфраструктуры на снижение уровня безопасности перевозочного процесса. Увеличение срока службы подвижного состава и инфраструктуры на 5 лет увеличивает количество опасных отказов на 6–8 %.

7 С целью гармонизации распределения ресурсов, рационального размещения пожарных и восстановительных поездов, решения вопросов ликвидации последствий опасных состояний, решения других вопросов необходима разработка принципиально новых подходов к оценке структурной безопасности. Ранжирование элементов транспортной инфраструктуры по уровню структурной безопасности

позволит повысить эффективность использования современных систем обеспечения безопасности перевозочного процесса.

Для оценки структурной безопасности предлагается использовать теорию графов. В докладе рассматриваются вопросы оценки связности таких структур, как железнодорожные узлы, предлагается методологический подход к формированию системы показателей структурной безопасности, рассматриваются алгоритмы количественной оценки структурной безопасности сложных транспортных систем.

УДК 656.212.5:004

## **БЕЗОПАСНОСТЬ РОСПУСКА СОСТАВОВ НА СОРТИРОВОЧНЫХ ГОРКАХ. ГРАНИЧНЫЕ УСЛОВИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГОРОЧНЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ**

*И. А. ОЛЬГЕЙЗЕР*

*Ростовский филиал АО «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте», Российская Федерация*

Инновационная комплексная система автоматизации управления сортировочными процессами КСАУ СП, разработки АО «НИИАС», применяется на механизированных сортировочных горках любой мощности, обеспечивает автоматизированное управление технологическим процессом расформирования составов, является модульной и состоит из подсистем управления надвигом и роспуском составов, маршрутами движения, скоростью скатывания отцепов, автоматизации компрессорных станций, а также диагностических подсистем.

КСАУ СП сегодня является единственной в России сертифицированной, серийно внедряемой системой автоматизации процесса роспуска составов на сортировочных горках.

Использование автоматизированного режима роспуска на сортировочных горках, оборудованных КСАУ СП, повсеместно составляет в среднем не менее 90 % от общего количества распушенных вагонов. Таким образом, фактически, в настоящий момент в ручном режиме распускаются только вагоны с опасными грузами, а КСАУ СП неизбежно превращается из автоматизированной системы в автоматическую в части управления непосредственно процессом роспуска составов. Прерогативой оперативного персонала остается подготовка и организация этого процесса таким образом, чтобы вмешательство не потребовалось.

В условиях практически автоматического роспуска неизбежно актуализируются вопросы требований безопасности, и методы контроля работоспособности устройств автоматики.

Стоит отметить, что система управления скоростью скатывания отцепов является недетерминированной (вероятностной) системой. Это означает, что по текущему состоянию системы нельзя точно рассчитать ее будущее состояние, а можно предсказать лишь множество состояний и вероятность каждого состояния из этого множества.

Таким образом, контролировать работоспособность подобных систем можно лишь по комплексным показателям функционирования, с учетом допустимых предельных отклонений. Эти показатели и их допустимые значения указаны в техническом задании на систему или подсистемы [1].

Применительно к горочной системе автоматики, *отказ* – это невыполнение системой своих функций, выход показателей функционирования за заданные пределы.

При этом отказ или сбой отдельного устройства или элемента системы не должен приводить к отказу системы за счет запаса надежности и возможности реконфигурации системы.

По своим последствиям и критичности отказы можно разделить на *опасные* и *неопасные*.

*Опасным отказом системы* называется отказ, который может привести к возникновению аварийной ситуации (сходу или повреждению подвижного состава).

*К неопасным отказам системы* относятся все отказы, которые влияют на ход роспуска, но не влияют на безопасность.

*Защитным состоянием* называется состояние, в которое переходит система для предотвращения опасного отказа.

Задачей системы управления сортировочным процессом, с точки зрения безопасности, является переход в защитное состояние при возникновении любого опасного отказа.