

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.

Для обеспечения безопасности в КСАУ СП заложен ряд автоматических функций [2], таких как защита от взреза стрелки, защита от удара в бок, защита от перевода стрелки под базой вагона, защита от остановки отцепов на тормозной позиции, защита от отказа скоростемер, защита от недосчета устройств фиксации прохождения осей, защита от отказа устройств КЗП, защита от выдавливания отцепов при торможении на тормозной позиции.

Одной из самых ответственных функций системы КСАУ СП в плане обеспечение безопасности является регулирование скорости движения отцепов на тормозных позициях. В этой области за последние несколько лет специалистам РостФ НИИАС удалось обеспечить прорыв на новый уровень обеспечения практически 100 % качества торможения отцепов. Это удалось за счет реализации новых алгоритмов плавного управления тормозными средствами и новых алгоритмов работы управляющей аппаратуры вагонных замедлителей.

Применение инновационных алгоритмов управления в купе с современными образцами управляющей аппаратуры позволило повысить безопасность системы по следующим критериям [3]:

- Равномерное воздействие тормозных шин замедлителя по всей протяженности отцепов, что исключает вероятность динамических ударов и снижает среднюю, а также максимальную величину динамической нагрузки на замедлитель и подвижной состав.

- Повышение, по сравнению с импульсными методами торможения, прогнозируемости динамических характеристик подвижных единиц. Это повышает надежность и качество торможения в автоматическом режиме, что приводит к повышению безопасности за счет повышения точности моделирования хода роспуска и недопущения превышения скорости отцепов.

- Уменьшение максимальных уровней шума за счет применения преобладающего использования меньших ступеней управления при торможении.

В современных условиях на сортировочных горках, оборудованных КСАУ СП все больше встает вопрос не только о безопасности операций, выполняемых в автоматическом режиме, но и о проверке на корректность и безопасность оставшихся ручных вмешательств [4].

Таким образом, еще одним важным аспектом направления развития КСАУ СП в части повышения безопасности является проверка допустимости и корректности ручных вмешательств. Это направление реализуется через разработку и использование электронных интерактивных горочных пультов. При использовании таких пультов ручной режим работы переходит под контроль системы для проверки на безопасность. Это позволит, например, полностью исключить возможность взреза стрелки, независимо от ручного вмешательства.

В связи с функционированием КСАУ СП на большом количестве сортировочных горок и полным использованием автоматического режима работы актуальным становится вопрос выработки граничных условий функционирования, при достижении которых резко повышаются риски нарушения требуемых критерием безопасности роспуска.

К таким граничным условиям, по нашему мнению, относятся следующие:

- 1 Самопроизвольное ускорение отцепов после выхода из замедлителей парковой тормозной позиции при движении по путям сортировочного парка на 2 км/ч и более. Данная ситуация создает риски соударения отцепов с превышением допустимых значений – более 5 км/ч, а также риски выхода вагонов за пределы полезной длины сортировочных путей. Причиной возникновения данной ситуации является сверхнормативный уклон продольного профиля.

- 2 Выход из тормозной позиции со скоростью, значительно превышающей расчетную – на 4 км/ч для горочной тормозной позиции, на 2 км/ч для парковой тормозной позиции. Данная ситуация создает риски соударения отцепов с превышением допустимых значений – более 5 км/ч.

- 3 Превышение расчетной скорости надвига и роспуска состава на 2 км/ч и более. Данная ситуация создает риски возникновения нагонов на спускной части горки и на путях сортировочных парков, в результате чего возможны «боковые» соударения вагонов, объединение вагонов с превышением допустимой скорости соударения (более 5 км/ч), а также выход вагонов за пределы полезной длины сортировочных путей.

- 4 Объединение в движении на пути сортировочного парка нескольких отцепов, суммарная длина которых после объединения превышает максимально допустимое количество вагонов в отцепе. Данная ситуация создает риски выхода вагонов объединенного многовагонного отцепов за пределы полезной длины сортировочных путей.

Для фиксации в автоматическом режиме и недопущения выхода за граничные условия функционирования в КСАУ СП разработан ряд методов. К ним относятся автоматическая фиксация само-

произвольного ускорения отцепов по показаниям КЗП, автоматический расчет допустимой скорости роспуска, а также определение по модели парка формирования факта объединения отцепов. Также в настоящий момент специалистами РостФ НИИАС разработаны технические решения, которые позволяют осуществлять горячее резервирование всего управляющего вычислительного комплекса с возможностью мгновенного перехода на резервный комплект оборудования во время роспуска в автоматическом режиме. Это позволит увеличить безопасность системы в случаях сбоев оборудования и общий коэффициент готовности системы, за счет минимизации времени восстановления.

Список литературы

- 1 Шабельников, А. Н. Требования безопасности и методы контроля работоспособности систем ЖАТ на сортировочных горках / А. Н. Шабельников, И. А. Ольгейзер // Автоматика, связь и информатика. – М., 2017. – № 2. – С. 30–32.
- 2 Соколов, В. Н. Комплексная система автоматизации сортировочных процессов: техническое, технологическое, интеллектуальное обеспечение : дис. ... канд. техн. наук / В. Н. Соколов. – Ростов н/Д, 2008. – 182 с.
- 3 Шабельников, А. Н. Инновационные технологии управления тормозными средствами / А. Н. Шабельников, И. А. Ольгейзер, С. А. Рогов // Автоматика, связь и информатика. – М., 2015. – № 3.
- 4 Шабельников, А. Н. Методы повышения безопасности КСАУ СП / А. Н. Шабельников, И. А. Ольгейзер // Автоматика, связь и информатика. – М., 2017. – № 3. – С. 8–10.

УДК 656.222.4

ВЫЯВЛЕНИЕ ТОПОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГРАФИКА ДВИЖЕНИЯ ПЕЗДОВ С ЦЕЛЮ ПОВЫШЕНИЯ ЕГО БЕЗОПАСНОСТИ И ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ

Ю. О. ПАЗОЙСКИЙ, В. Н. ШМАЛЬ, П. А. МИНАКОВ, С. Н. ШМАЛЬ
Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

Известно, что график движения поездов является технологической и нормативной основой организации и управления эксплуатационной работой железных дорог. В соответствии с Правилами технической эксплуатации он должен обеспечивать: выполнение плана перевозок пассажиров и грузов; безопасность движения поездов по перегонам и проследования их через отдельные пункты; высокопроизводительное использование подвижного состава; наиболее эффективное использование пропускной и провозной способностей участков и перерабатывающей способности станций; соблюдение установленной продолжительности непрерывной работы локомотивных бригад; возможность производства работ по текущему содержанию пути, сооружений, устройств СЦБ, связи и энергосбережения.

В Институте управления и цифровых технологий Российского университета транспорта проводились исследования графиков движения поездов с целью выявления и изучения их топологических свойств, позволяющих решать актуальные задачи перевозочного процесса. Важнейшим этапом работы являлось применение современных методов алгебраической топологии к решению задач оптимизации, безопасности и эффективного построения графиков движения поездов. Для этого требовалось перевести схемы графиков на «язык» алгебраической топологии, представив их в виде топологических многообразий: сначала – в виде *групп кос*, затем – в виде гладкого вложения окружности S^1 в трехмерное евклидово пространство \mathbb{R}^3 .

Математической косой называется объект, состоящий из n нитей (образующих) соединенных между двумя параллельными плоскостями P_0 и P_1 , в трехмерном пространстве, содержащий упорядоченные множества точек $a_1, a_2, \dots, a_n \in P_0$ и $b_1, b_2, \dots, b_n \in P_1$. Можно сказать, что коса состоит из n непересекающихся между собой простых дуг l_1, l_2, \dots, l_n , пересекающих каждую параллельную плоскость P_i между P_0 и P_1 однократно и соединяющих точки $\{a_i\}$ с точками $\{b_i\}$. Считается, что точки a_1, a_2, \dots, a_n лежат на прямой l_0 в P_0 , а точки b_1, b_2, \dots, b_n на прямой l_1 в P_1 , параллельной l_0 , причем a_i расположены под b_i для каждого i .

Элементы интервалов на отдельных пунктах в графике движения представляются в виде соотношений в математической косе, и имеют кодировку из последовательности σ_{i+1} и σ_{i+1}^{-1} , в зависимости от того, какой поезд проходит отдельный пункт без остановки. В результате любой график движения возможно перевести на алгебраический язык с извлечением всей кодировки, представив его в виде математической косы.