

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  $\sigma_{i+1}$  и  $\sigma_{i+1}^{-1}$ , 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.

На втором этапе решения задачи математические косы превращаются в узлы, соединяя нижние и верхние концы образующих таким образом, чтобы не образовалось новых двойных точек самопересечения.

В соответствии с топологическими понятиями с многообразиями возможно совершать непрерывные преобразования, которые не изменяют изотопический класс самих многообразий. В математических косах такими преобразованиями являются расширенные соотношения Артина, применяя которые возможно преобразовать структуру графика движения в другую, подобную ей, но изменяя временной интервал  $T_{гр}$  между отправлением первого поезда и прибытием последнего поезда на отдельные пункты.

Актуальной задачей являлось выявление такой структуры графика движения из всех возможных, которая обеспечивала бы этот временной интервал наименьшим, давая возможность повысить пропускную способность и добавить новые нитки поездов в график движения. Более того, такой полиномиальный алгоритм избегает тривиального комбинаторного перебора всех возможных вариантов.

Решение данной задачи лежит в области полиномиальных инвариантов и групп гомологий. В работе был составлен алгоритм определения полинома Джонса, который отвечает за наименьший временной интервал  $T_{гр}$ . После вычисления данного полинома узел переводится в математическую косу, используя алгоритм Вожеля. В дальнейшем узел-обмотка разрезается и расправляется в оптимальный график движения.

Важным достоинством данного метода расчета являются возможность составления оптимальных графиков движения поездов с любыми характеристиками остановок поездов на различных отдельных пунктах, а также повышение пропускной способности.

УДК 656.21.001.2:004

## УНИФИКАЦИЯ СХЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ В ЦИФРОВОМ ПРЕДСТАВЛЕНИИ ОБЪЕКТОВ

*Е. М. ПЕРЕПЛАВЧЕНКО*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Сложившаяся практика работы технических отделов станций свидетельствует о том, что в настоящее время сформировалось достаточно однозначное представление о схеме станции как о графическом изображении определенного перечня объектов путевого развития и технического оснащения. Однако выполненный анализ в данном направлении показывает, что схем различного содержания и назначения на одной станции насчитывается до 10, и каждая из них не всегда имеет точное название (технологическая, СЦБ, служебных проходов и др.). Поэтому используемое в настоящее время общее название «Схема станции ...» должно быть конкретизировано (и не только по наименованию, но и по содержанию).

По аналогии с технологической схемой станции, содержащей графическую информацию по месту и характеру выполняемых технологических операций в парках с различными категориями поездопотоков, общую схему предлагается назвать технической схемой станции.

Объектами технической схемы являются:

1 Все главные и станционные пути с их нумерацией (а главные и прямо-отправочные – с их специализацией) согласно ТРА станции, а также прямые вставки съездов.

2 Все стрелочные переводы (включая сбрасывающие остряки и сбрасывающие стрелки), глухие пересечения на станционных путях с их нумерацией, а также сплетения путей, совмещения путей и тупиковые упоры.

3 Все светофоры с их буквенно-цифровым обозначением.

4 Основные здания и сооружения, задействованные в процессе оперативного управления движением поездов и маневровой работой (ПЗ, пассажирские платформы, посты ЭЦ, ДСПП, ДСПГ, горка, путепровод).

5 Все пересечения с другими коммуникациями, влияющие на процесс оперативного управления движением поездов и маневровой работой (переезды, пешеходные переходы, мосты, автомобильные путепроводы, тоннели и др.).