

3. Приказ Ростехнадзора от 11.04.2016 № 144 «Об утверждении Руководства по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах» [Электронный ресурс] – URL: <http://docs.cntd.ru/document/420347908> (дата обращения 25.10.2020).

4. *Bambang Suhardi, Pringgo Widyo Laksono, Andhika Ayu V.E., Jafri Mohd.Rohani, Tan Shy Ching.* Analysis of the Potential Hazard Identification and Risk Assessment (HIRA) and Hazard Operability Study (HAZOP): Case Study//International Journal of Engineering & Technology. – 2018 – №7 (3.24). – P. 1-7.

5. Электронная информационная образовательная среда СПбПУ [Электронный ресурс] – URL: <https://dl-hsts.spbstu.ru/> (дата обращения 25.10.2020).

Сафронов А.И.

Особенности планирования безопасного перевозочного процесса на Московском метрополитене при учёте специфики работы электродепо «Красная Пресня» Кольцевой линии

Аннотация: В статье рассмотрены некоторые неявные аспекты планирования перевозочного процесса на Московском метрополитене, оказывающие прямое влияние на безопасность перевозки пассажиров. Сформулированы технологические особенности автоматизированного построения графика движения пассажирских поездов по Кольцевой линии Московского метрополитена. Предложены конкретные пути решения обозначенных проблем.

Ключевые слова: метрополитен, автоматизация, плановый график движения поездов, программирование, планирование, управление, электродепо, график оборота

Московский метрополитен – транспортное предприятие, эксплуатирующее технические объекты, связанные с повышенной опасностью. К числу таких технических объектов относятся: эскалаторы, единицы электроподвижного состава, элементы

путевой инфраструктуры, находящиеся под высоким напряжением, и другие.

При должном обслуживании упомянутых технических объектов с качественно проводимыми текущими ремонтами и техническими осмотрами, при своевременной диагностике, при соблюдении правил использования, уровень безопасности как для пассажиров, так и для обслуживающего персонала сохраняется в рамках допустимой нормы и/или повышается за счёт интеграции более безопасных технических средств, развития культуры пользования метрополитеном пассажирами, разработки эффективных алгоритмов планирования перевозочного процесса, а также оперативного управления в случаях возникновения малых и больших сбоев при рассмотрении различных детализированных моделей возмущающих воздействий [1] с применением современных технологий программирования [2].

В настоящей статье рассматриваются аспекты, связанные исключительно с планированием перевозочного процесса на Московском метрополитене согласно методике, изложенной в [3].

Имеющаяся методика учитывает детерминированные условия функционирования линии метрополитена, детерминированный перечень ограничений, детерминированные сигналы управления. Таким образом, планирование перевозочного процесса поддаётся автоматизации в случаях, когда объект управления обладает фиксированной структурой и не изменяется на протяжении длительного периода времени (хотя бы 3-5 лет).

При рассмотрении большинства линий Московского метрополитена подобная «роскошь» отсутствует. Инфраструктура транспортного предприятия ежегодно прирастает новыми участками линий, для которых устанавливаются иные правила управления (параметры «зонного» движения [3], длительности оборотов по тупикам и другие). Для выработки качественных и эффективных алгоритмов управления требуется тщательно подбирать линию метрополитена и её модель (она содержится в базе данных).

Стабильностью структуры «могут похвастаться» далеко не все линии Московского метрополитена. К счастью, в этих непрерывно изменяющихся условиях ещё остаются линии, которые благоприятствуют проведению научных исследований

управляющих воздействий, применяемых при планировании перевозочного процесса. К числу таких линий относится, например, Кольцевая.

В статье [3] отмечены особенности Кольцевой линии Московского метрополитена. Одной из ключевых является наличие одного физического электродепо «Красная Пресня» (расположенного по адресу: Ходынская улица, дом 3, стр. 1), рассматриваемого в виде двух «виртуальных» электродепо. Детализируя вышеотмеченное: на графике движения пассажирских поездов реальное электродепо «Красная Пресня» визуально представлено в виде двух «виртуальных» частей, хотя никакого физического разделения с точки зрения инфраструктуры на территории электродепо, а также на подходах к ней, нет.

Итак, в связи с чем же на графике движения поездов введена такая особенность как «виртуальные» части электродепо? Они необходимы, чтобы явным образом продемонстрировать диспетчеру на графике движения поездов связи выходов из электродепо на конкретный главный путь линии и уходов в электродепо с конкретного главного пути линии единиц электроподвижного состава. Подобная реализация выполнена с целью отображения на графике двух линий связи с электродепо.

Каждый главный путь Кольцевой линии Московского метрополитена рассматривается как полноценная радиальная линия. Иными словами, в рамках контура управления под названием «Кольцевая линия» имеется две радиальные линии, которые в широком диапазоне рассмотрения не связаны между собой (рассматриваются как независимые).

Идея рассмотрения радиальной линии в качестве одного пути Кольцевой линии изложена в трудах А.Н. Феофилова [4] при допущении, что движение по оборотным тупикам – это движение «резервом» по двум дополнительным перегонам. Такие перегоны заложены в базы данных автоматизированной системы построения плановых графиков движения пассажирских поездов метрополитена (далее – Системы) [3], при использовании которой и проводится настоящее имитационное моделирование. В базе данных Системы можно встретить такие конструкции как, например, «Медведково» – «Медведковов» или «Новоясеневская» – «Новоясеневская».

Вместе с тем, две «виртуальные» части электродепо Кольцевой линии вводятся с целью обеспечения единообразия функционирования Системы по аналогии с имеющимся аппаратом, созданным и отлаженным для работы с радиальными линиями: если в базу данных заложено одно электродепо – это одна линия связи на графике движения поездов, если два электродепо – две линии, три электродепо – три линии и так далее.

Важно отметить, что удобство отображения, созданное специально для диспетчеров, одновременно накладывает иные ограничения, обуславливающие неудобства как, например, в рамках использования аппарата автоматизированного построения планового графика движения пассажирских поездов и, в частности, в рамках подсистемы печати графика оборота электроподвижного состава, неразрывно связанного с плановым графиком на уровне документооборота [5].

Что означает вышеизложенное утверждение? В условиях, когда существует две «виртуальных» части электродепо, между этими частями должны быть распределены маршруты [3]. В свою очередь эти маршруты должны обслуживать конкретный путь Кольцевой линии метрополитена. Реально же выход конкретного маршрута из физического электродепо «Красная Пресня» на конкретный главный путь – это мнимое ограничение, которое, вообще говоря, к числу ограничений никакого отношения не имеет. Если маршрут согласно нуждам планирования перевозок потребовался (спустя некоторое время работы на линии) для обслуживания другого главного пути – его можно перевести туда и затем не возвращать обратно на первый главный путь. Его можно отправить в электродепо и с другого главного пути. Сейчас в Системе это работает не так. То же самое и с моментом непосредственного выпуска маршрута на путь: он может быть равноправно выпущен и на второй главный путь при наличии связи «виртуальной» части электродепо только с первым главным путём.

При печати графика оборота электроподвижного состава согласно имеющимся алгоритмам получится направить на плоттер отдельно один лист с маршрутами первой «виртуальной» части электродепо, и другой лист с маршрутами второй «виртуальной» части электродепо. Однако, реальный график оборота электроподвижного состава – это единый документ, обязательно

содержащий все маршруты, относящиеся к рассматриваемому электродепо. Документ, подписываемый начальником одного или начальниками нескольких электродепо, когда линию метрополитена обслуживают два (и более) инфраструктурных объекта. Поставленная подпись – это знак закрепления договорённости о принадлежности представленного перечня маршрутов конкретному электродепо. Начальник другого электродепо даёт своё согласие с тем, что маршруты, относящиеся к его зоне ответственности, отсутствуют на рассматриваемом графике оборота электроподвижного состава.

В рамках проводимого комплекса работ по модернизации имеющейся Системы ставится задача создания максимально удобного инструментария одновременно для сотрудников электродепо, инженеров-графистов (составителей графиков), а также для диспетчеров линий метрополитена. «Крайними» в данной ситуации оказываются инженеры-графисты, которым необходимо работать одновременно и с плановым графиком движения пассажирских поездов, и с графиком оборота электроподвижного состава.

Летом 2020 года предпринят подход по «развиртуализации» электродепо «Красная Пресня» в Системе [6]. В рамках подхода все маршруты перенесены в одну из виртуальных частей электродепо в естественном порядке следования номеров друг за другом, заменены связи всех элементов базы данных с виртуальной частью, оставшейся пустой, на виртуальную часть, планируемую как, собственно, единое электродепо «Красная Пресня». Выполнена проверка работоспособности подсистемы автоматизированного построения графика движения с учётом отладки программного обеспечения, включившей в себя этап разветвления элементов алгоритма по ситуациям наличия в базе данных одного или двух электродепо на Кольцевой линии, поскольку на сегодняшний день ещё остаются базы данных, содержащие «виртуальные» части электродепо. Результат первой успешной реализации, полученный согласно обновлённому алгоритму, качественно не хуже, чем аналогичный результат, полученный согласно ранее внедрённому в Систему алгоритму.

На предстоящем этапе работ по модернизации Системы планируется настроить отображение одного физического

электродепо «Красная Пресня», содержащегося в базе данных, на графике движения в виде двух линий связи с электродепо программными средствами, при использовании более совершенных и интеллектуальных алгоритмов отображения и взаимодействия с пользователем.

Реализация потребует пересмотра имеющегося механизма визуализации линий связи с электродепо. Все приложенные усилия и временные затраты оправдаются на уровне повышения эффективности работы с Системой сразу трёх категорий пользователей, ответственных за организацию безопасных перевозок, вместо одной имеющейся на сегодня категории.

Литература:

1. *Баранов Л.А., Балакина Е.П., Иконников С.Е., Антонов Д.А.* Централизованное управление движением поездов городских железных дорог современного мегаполиса//Наука и техника транспорта. – 2020. – № 1. – С. 30-38.

2. *Сидоренко В.Г., Сафронов А.И., Филипченко К.М., Чжо М.А.* Применение современных технологий программирования к автоматизации планирования движения поездов метрополитена//Автоматика на транспорте. – 2016. – Т.2. № 3. – С. 331-347.

3. *Сафронов А.И., Сидоренко В.Г.* Методика автоматизированного построения планового графика движения поездов метрополитена//Мир Транспорта. – 2011. – Т.9. № 3 (36). – С. 98-105.

4. *Феофилов А.Н.* Математическая модель составления графиков движения поездов на линиях метрополитена//Вестник ВНИИЖТ. – 1991. – № 7. – С. 10-13.

5. *Василенко М.Н., Зуев Д.В., Седых Д.В., Василенко П.А.* Интеллектуальная система электронного документооборота в хозяйстве железнодорожной автоматики и телемеханики / Труды Международной научно-практической конференции «Транспортные интеллектуальные системы – 2017», 16-17 февраля 2017 г. – Санкт-Петербург: Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, 2017. – С. 247-254.

6. Сафронов А.И., Иконников А.С., Чижова П.С. Особенности отображения плановых графиков движения пассажирских поездов по Кольцевой линии Московского метрополитена / Межвузовский сборник научных трудов «Современные проблемы совершенствования работы железнодорожного транспорта». – Москва: Издательство РУТ (МИИТ), 2020. – С. 50-57.

Скворцов О.Б.

IoT системы вибрационного мониторинга для поддержки принятия решений по защите энергетического оборудования

Аннотация: Совершенствования цифровых систем диагностики и защиты энергетического оборудования на протяжении последних лет показывает, что переход к полностью автоматическим системам, работающим без участия оператора, связан со значительным увеличением количества датчиков для первичного сбора данных и числа каналов контроля. Получение динамических данных, таких как вибрационные и акустические сигналы, связано с передачей значительных потоков данных на нижних уровнях систем мониторинга. Использование при этом большого количества высокоскоростных каналов цифровой передачи данных ограничивается значительным энергопотреблением интернет интерфейсов. Этим ограничивается применение получивших в настоящее время интерфейсные решения с передачей данных и питания первичных измерительных преобразователей. В работе рассмотрены возможности построения экономичных структурных решений с применением бюджетных средств сбора данных о состоянии оборудования и новых инновационных интерфейсных решений.

Ключевые слова: вибрация, энергетическое оборудование, промышленный интернет вещей, диагностика, противоаварийная защита, цифровизация, интерфейс, экономичность

Разрабатываемые в течение последних 25-30 лет для АСУ ТП с использованием SCADA цифровые системы мониторинга