

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Ю.Х. Зарипова, С.Г. Караткевич, А.А. Мишин, А.В. Тетерин

ООО «Научно-технологический парк «Дубна»

141983 Россия, г. Дубна Московской области, ОЭЗ «Дубна», ул. Программистов, д.4, офис 349
телефон/факс: +7 (49621) 9-03-00; e-mail: mail@ntpdubna.ru; web: www. ntpdubna.ru

В рамках первого этапа проектирования технологии организации движения поездов, на полигоне Сочи – Адлер – Имеретинский Курорт – Альпика Сервис разработана модель системы управления скоростными пассажирскими поездами. На модели проработаны возможные нештатные ситуации и способы их разрешения. Предложена и подтверждена концепция комплексной многоуровневой интеллектуальной системы управления.

Ключевые слова – интеллектуальная система, система поддержки принятия решений, высокоскоростные пассажирские поезда.

1 ВВЕДЕНИЕ

Система управления в масштабе реального времени (СУРМВ) предназначена для управления движением поездов на участке Сочи – Адлер – Имеретинский курорт – Альпика Сервис Северо-Кавказской железной дороги. СУРМВ предназначена для управления движением поездов в автоматическом, полуавтоматическом режимах с задействованием существующих АСУ Северо-Кавказской железной дороги, с существующими техническими средствами низовой автоматики, с использованием рельсовых цепей (тональных и релейных) и цифровых каналов передачи информации о работе подвижного состава.

В связи с усложнением задач, решаемых при управлении движением поездов на этом участке железнодорожного движения (увеличение скоростей движения, уменьшение времени отпускаемого для принятия диспетчерских решений, усложнение задач организации железнодорожного движения в целом и пр.), возникает задача разработки комплексной многоуровневой системы управления движением поездов [1],[2], которая:

- Обеспечивала более высокий уровень безопасности движения,
- Обеспечивала большой объем перевозок,
- Обеспечивала большую устойчивость движения при возникновении нештатной ситуации,
- Облегчала диспетчерскую работу (автоматический режим управления движением поездов, режим «подсказки» для диспетчеров).

Целями проекта по разработке СУРМВ на участке Адлер – Красная поляна являются:

- разработка инновационной технологии управления движением поездов на скоростном железнодорожном участке с учетом актуального состояния железнодорожной инфраструктуры;
- повышение уровня автоматизации и возможность реализации как автоматического режима управления движением, режима «подсказки» для диспетчерского персонала и «ручного» варианта управления как резервного;
- обеспечение более высокой устойчивости режима управления движением поездов при возникновении нештатных ситуаций за счет использования СУРМВ, которая предназначена для формирования их разрешения в автоматическом режиме с учетом текущего состояния инфраструктуры и прогноза железнодорожного движения;
- организация эффективного взаимодействия всех участников обеспечения железнодорожного движения для решения поставленных выше задач.

В настоящее время системы управления и контроля движением поездов на диспетчерских участках сети железных дорог Российской Федерации базируются на использовании устройств СЦБ, которые проектируются на основе «Норм технологического проектирования устройств автоматики и телемеханики на федеральном железнодорожном транспорте, НТП СЦБ/МПС-99», в котором движение пассажирских поездов с безостановочным скрещением не предусматривается [5],[6],[7]. Поэтому одним из важных этапов проектирования системы управления является проработка основных принципов и методов с помощью моделирования.

Также спецификой данного участка движения поездов является:

- Путевое развитие участка - однопутный с наличием двухпутных вставок для осуществления безостановочного скрещения электропоездов;
- На участке имеется существенный перепад высот;
- Участок движения расположен в пределах нескольких климатических зонах;
- Для обеспечения безопасности необходимо обеспечивать не только безопасную дистанцию между поездами, движущимися в одном направлении, но и между встречными поездами на участках скрещения;

- Ввиду высокой скорости движения на участке, наличия скрещения возникает необходимость быстрого принятия решения при возникновении нештатной ситуации и его реализации. При этом должна быть учтена ситуация на участке движения поездов в целом и с учетом прогноза ее развития;
- На настоящее время человек играет существенную роль в управлении движением железнодорожного транспорта (диспетчерский персонал, машинисты и т.д.). Однако с увеличением объема перевозок, ростом скоростей и объема входной информации, человеку все сложнее работать в быстро развивающейся информационной среде управления и постепенно возможности человека начинают тормозить ее развитие

2 МОДЕЛЬ СУРМВ

Структура программного обеспечения СУРМВ исходит из ее предназначения:

- Возможность моделировать движение поездов на рассматриваемом полигоне;
- На основании возможности моделирования ... прогнозировать железнодорожное движение на заданный интервал времени (или возникновения некоторого события),
- Формирование управления движением поездов (коррекции) на участке железнодорожного движения с учетом знания прогноза его развития.
- Для решения этих задач СУРМВ должна обладать следующей информацией:
- Нормативно-справочной информацией о путевом хозяйстве,
- Перечень подвижного состава на Полигоне (типы и характеристики локомотивов, электропоездов, пригородных электричек и т.д.),
- Характеристики энергетического хозяйства (характеристики тяговых подстанций, ограничения на контактную сеть и др.);

При моделировании работы в режиме реального времени:

- Информации от ДЦ о текущем состоянии движения поездов и связанной с этим информацией (готовность маршрутов и др.);
- Состояние энергетического хозяйства,
- Информации с локомотивов о работе его подсистем и параметрах его движения.

Для реализации коррекции движения поездов в автоматическом или полуавтоматическом режиме необходимо:

- Передавать на борт локомотива информацию о его *текущих условиях следования* или *target points* (ETPs) по терминологии принятой в рамках европейской программы EETROP [8])
- Выдавать в ДЦ информацию для управления (подготовка или отмена маршрутов).

Такая структура позволяет поэтапно реализовывать в том или ином виде функциональность, оговоренную в рамках европейских программ ERTMS, EETROP[3],[4], а также реализовать переход управления движением поез-

дов с использованием информационных систем (реакция с учетом уже свершившихся событий) к управляющему или прогнозному этапу работы диспетчерской службы с использованием информации о прогнозе движения поездов.

На данном этапе моделирования учитывалось:

- Предварительное нормативное расписание движения поездов для 5-ого дня проведения XXII Зимних Олимпийских игр 2014 года;
- Вариант путевого развития на участке Адлер - Альпика Сервис,
- Двухпутный вариант путевого развития на участке Сочи - Адлер - Имеретинский курорт, используемый при составлении предварительного нормативного расписания;
- Энергопотребление с учетом возможности рекуперации.

Исходные данные для построения полигона представляют собой информацию о блок-участках:

- километраж;
- тип объектов (платформа, стрелка, путь, светофор, засечка блок-участка и др.);
- линия (может принимать значения 1 или 2, для однопутного или двухпутного участков).

Информация хранится в базе данных и считывается оттуда автоматически.



Рис 1. Схема работы программы

Построение полигона возможно в двух вариантах: на основе блоков и на основе трексов (путей). Если выбран вариант построения на основе блок-участков, то построенный полигон состоит из блок-участков. Если выбран вариант построения на основе путей, то блок-участки автоматически объединяются в пути, и построенный полигон состоит из путей.

Расписание движения поездов хранится в lgh-файлах и считывается из них автоматически. На основе считанной информации происходит построение ниток, то есть графиков движения поездов.

На основе ниток может быть запущена симуляция движения поездов. Продолжительность симуляции задается пользователем.

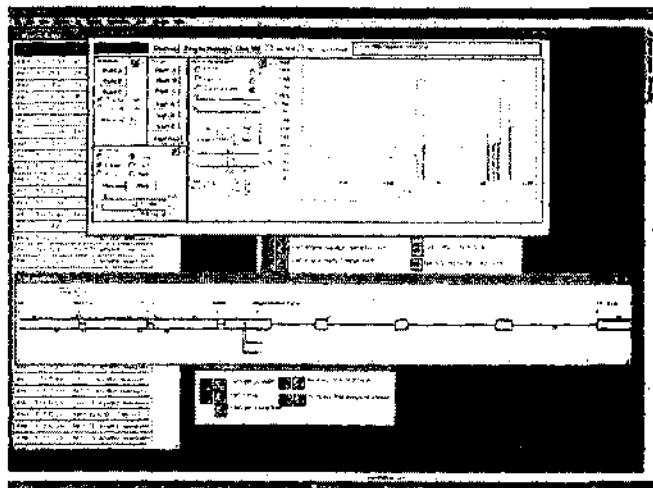


Рис.2. Пример АРМа проектировщика

Моделирование движения поездов может быть запущено в трех режимах:

- Режим реального времени;
- Режим прыжков (режим прогноза на определенное время, до появления определенного события);
- Пошаговый режим, когда каждый последующий шаг регулируется пользователем.

Моделирование может быть приостановлено или остановлено совсем. Ограничение по скорости движения для конкретного поезда может быть искусственно уменьшено или увеличено (как и на блок-участке). Если при этом включена опция автокоррекции, то для конкретного поезда впоследствии автоматически меняется скорость движения для возвращения в свой график с учетом измененного ограничения скорости движения.

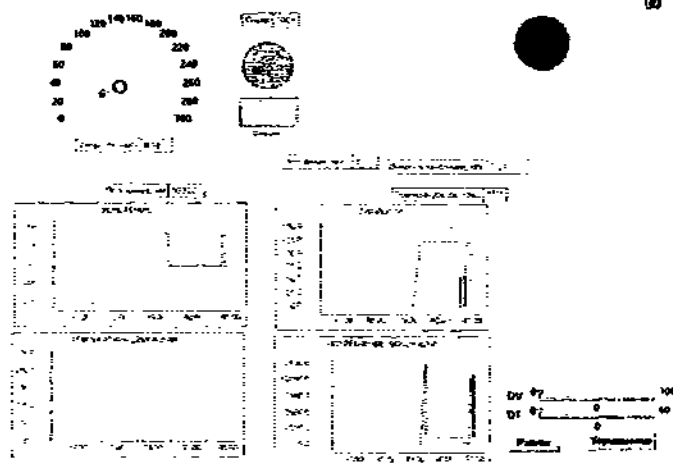


Рис.3 Модель АРМа машиниста

При моделировании движения поездов учитывались ограничения по развиваемому ускорению, соответствующие тормозные характеристики, ограничения по скоростям движения.

Для составления прогноза движения поездов на участках могут использоваться:

- Динамические расчетные карты, основанные на предварительно выполненных тяговых расчетах, хранимых в базе данных;
 - Упрощенные модели прогноза движения поездов с учетом состояния объектов энергетики.
- Для реализации данной комплексной системы была выбрана интеллектуальная система реального времени G2 по следующим причинам:
- Возможность управления крайне разнородными данными и методами обработки информации;
 - Объектно-ориентированная платформа возможности работы в реальном времени;
 - Хороший графический легко применяемый инструмент;
 - Интуитивно понятный и легко используемый язык программирования, схожий с английским;
 - Поддержка циклической разработки (быстрое создание прототипов);
 - Относительно простая интеграция с различными внешними системами (например, SCADA, SQL);
 - Встроенный механизм разработки динамических экспертных систем;
 - Широкий опыт применения G2 для комплексных задач управления на транспорте.

3 МОДЕЛИРОВАНИЕ

На основе существующего опыта был составлен перечень нештатных ситуаций, для которых СУРМВ должна работать как в автоматическом режиме, так и в режиме подсказки.

Таковыми учитываемыми нештатными ситуациями могут быть:

- Ошибочные действия человека (машиниста, диспетчера),
- Отказ оборудования поезда,
- Отказ датчиков ЖАТ.
- Сбой канала связи,
- Внешние факторы (препятствие на дорожном полотне, погодные факторы и пр.),
- Выход из графика движения,
- Неисправность блок-участка,
- Изменение ограничений движения на участке.

Были проработаны более 50 нештатных ситуаций, для которых проведено моделирование вариантов вхождения поездов в нормативный график.

Для моделирования нештатных ситуаций были выбраны 18 участков полигона, по 9 для нечетного и четного направления. В числе нештатных ситуаций задержки отправления поездов со станций и остановочных пунктов и задержки в начале однопутных и двухпутных участках полигона. Задержка при отправлении с остановочного пункта представляет собой увеличение времени стоянки на пункте остановки. Задержка в начале вставки однопутной вставки означает остановку в 1 километре от ее начала, задержка в начале двухпутной вставки означает остановку в 200 метрах от ее начала.

4 РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Задержка поезда на участке Адлер-Альпика-Сервис до 10 минут не оказывает существенного влияния на другие поезда при данном расписании, поскольку интервал движения поездов на рассматриваемом участке больше 10 минут.

Задержка поезда на участке Адлер-Альпика-Сервис до 20 минут, как правило, оказывает значительное влияние на один попутный (идущий сзади) и один встречный поезд. Незначительное влияние может распространяться на другие поезда, которые впоследствии достаточно быстро возвращаются в свое расписание.

Задержка поезда на участке Адлер-Альпика-Сервис до 30 минут, как правило, оказывает значительное влияние на два попутных (идущих сзади) и два встречных поезда. Незначительное влияние может распространяться на другие поезда, которые впоследствии достаточно быстро возвращаются в свое расписание.

Возможность нагона поездами своего расписания зависит от местоположения задержки. Для нечетных поездов вероятность вхождения в расписание тем больше, чем ближе к станции Адлер произошла задержка. Для четных поездов вероятность нагона тем больше, чем ближе к станции Альпика-Сервис произошла задержка.

Значительные задержки нечетных поездов после станции Адлер приводят к тому, что поезд прибывает на конечный пункт с опозданием, поскольку не может нагнать задержку из-за ограничения скорости на участке Адлер-Альпика-Сервис.

Значительные задержки четных поездов также могут привести к тому, что поезд прибывает на конечный пункт с опозданием. Интенсивное движение на участке Адлер-Сочи мешает нагону.

Для разрешения внештатных ситуаций может быть применен вариант небольших задержек встречных поездов для обеспечения возможности нагона опаздывающим поездом своего расписания.

Выбор варианта реализации динамического расчета тяговых характеристик и энергопотребления поездов осуществляется на этапе проектирования. Вариант с динамическими расчетными картами с учетом количества

значимых параметров, диапазона их изменения, необходимого количества промежуточных точек требует значительного объема вычисления.

5 ВЫВОДЫ

Использование моделирования на первых этапах проектирования интеллектуальных систем управления позволяет в краткие сроки проработать основные принципы и технические решения будущей системы.

Использование современных средств моделирования с использованием технологий экспертных систем и «мягких» вычислений позволяет проектировать системы управления, структура которых обладает требуемым уровнем качества управления, заданным уровнем робастности и спроектированный уровень качества управления является оптимальным (поддерживает требуемый уровень надёжности и точности управления).

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Технология управляющего режима работы диспетчерских центров / Д. Ю. Левин // Вестник ВНИИЖТ, 2004, № 5.
- [2] Диспетчерские центры и технология управления перевозочным процессом / Д.Ю. Левин // Маршрут, 2005.
- [3] EETROP – Energy Efficient TRain OPERATION a system to save energy, power and costs in railway operations. State of the art of train ECO-operation / P.Leander, P.Lukaszewicz // Rome 2008-10-08, Railenergy WP 2.3 Energy Efficient Timetabling and Train Operation.
- [4] System design with Sitrans Sidytrac, Simulation of AC and DC traction power supply // Technical Information, Version 1.1.0., Siemens AG, Transportation Systems.
- [5] Правила технической эксплуатации железнодорожного транспорта Российской Федерации, 2008.
- [6] Инструкция по движению поездов и маневровой работе на железнодорожном транспорте Российской Федерации, 2008.
- [7] Инструкция по сигнализации на железнодорожном транспорте Российской Федерации, 2008.