

Д.В. РАТОБЫЛЬСКАЯ

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ УЧАСТКОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СЕТИ НА ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Abstract. *Use of imitation modeling of movement on a section of the railway system for the purpose to analyze and optimize of traffic organisation and increasing the capacity of investigated section is proposed.*

Key words: *imitation modeling, traffic control, throughput.*

Анотація. *Пропонується використовувати імітаційне моделювання руху на ділянці залізничної мережі з метою аналізу і оптимізації організації руху і збільшення пропускної спроможності ділянки, що досліджується.*

Ключові слова: *імітаційне моделювання, управління рухом, пропускна спроможність.*

Аннотация. *Предлагается использовать имитационное моделирование движения на участке железнодорожной сети с целью анализа и оптимизации организации движения и увеличения пропускной способности исследуемого участка.*

Ключевые слова: *имитационное моделирование, управление движением, пропускная способность.*

1. Введение

Повышение пропускной способности участков железнодорожной сети (ЖС) является одной из актуальных задач комплексного управления железнодорожной транспортной системой (ЖДТС). Оно отражается на общей пропускной способности сети и возможно только при эффективной организации перемещения поездопотоков, что позволяет избежать сбоев при функционировании сети и обеспечить необходимый уровень её безопасности.

Существуют многочисленные математические методы [1], позволяющие составлять графики движения поездов в соответствии с определенными критериями оценки эффективности организации движения. Однако они не позволяют проводить должный учет разнообразных случайных воздействий, оказывающих влияние как на процессы формирования транспортного потока (ТП), так и на эксплуатационные характеристики исследуемого участка ЖС.

Ведущим направлением развития ЖДТС в настоящее время является разработка различных средств автоматизации и соответствующего программного обеспечения, которые путем постоянного контроля на базе исчерпывающей информации позволяют организовывать оптимальное управление движением. Однако такие системы требуют значительных временных и финансовых затрат не только на разработку, но и на внедрение. Примером подобной системы может служить Европейская система управления движением поездов – The European Train Control System (ETCS) [2]. Проект данной системы, разработанный для нужд Евросоюза, предполагает применение на новых железнодорожных линиях и входит в состав европейской системы управления железнодорожными перевозками – The European Rail Traffic Management System (ERTMS). Использование ETCS в качестве системы локомотивной сигнализации планируется на всех магистральных линиях большинства европейских стран. Однако внедрение системы ETCS на территории стран СНГ не представляется рациональным и целесообразным в связи с отсутствием необходимых технических условий.

В современных условиях для нашего региона наиболее актуальны разработка и внедрение математических методов и средств их автоматизации, позволяющих, с учетом вероятностной природы функционирования системы, осуществлять управление и контроль за эффективностью

организации сообщения исследуемых участков ЖС [3].

Целью статьи является описание подхода, позволяющего определить в динамике оптимальные параметры движения поездов на участке сети (перегоне) без его реконструкции или нового строительства. Для этого предлагается использовать имитационную модель участка сети (IM_JD), реализующую разнообразные варианты организации транспортного процесса на перегоне и обеспечивающую согласование параметров ТП с параметрами работы сортировочной станции, что позволит максимально увеличить пропускную способность участка.

В данной статье даётся описание объекта исследования, приводится алгоритм имитационной модели IM_JD и указываются пути повышения пропускной способности исследуемого участка на основе использования имитационной модели (ИМ).

2. Описание объекта исследования

Объектом исследования является участок ЖС – перегон, обслуживающий некоторый ТП. Наряду с общими для всей сети свойствами, он имеет специфические особенности устройства и эксплуатации, что определило подход к его формальному описанию.

Станционные перегоны – часть железнодорожной линии, ограниченная смежными станциями. Их структура и состав определяются в строго определенном порядке связанными между собой блоками: блоком отправки транспортных единиц; последовательностью блоков-участков, составленной с учетом информации о разъездах и обгонных пунктах; блоком-приемником. Для моделирования порядка и хода работы участка и учета различных случайных воздействий (внешних и внутренних) на систему предусмотрены блоки функционирования устройств сигнализации, централизации, блокировки (СЦБ), генерации потока отказов устройств и профилактического обслуживания.

Каждый из определённых блоков описывается рядом параметров, определяющих его технические и эксплуатационные характеристики, и отвечает за конкретный этап развития во времени процесса функционирования системы. Так, в блоке отправки по параметрам ТП и станционным параметрам (внутренние ресурсы станции, возможности техобслуживания и транзита, план) происходит генерация потока поездов соответствующей плотности и состава. Блоки-участки содержат информацию о технических параметрах путей: план и профиль участка, максимально допустимые скорость и ускорение; в процессе моделирования эта информация, наряду с данными устройств сигнализации, используется для определения параметров движения поездов. Блок-приемник позволяет задавать условия прибытия поездов: порядок, временной интервал, дистанцию. Блок генерации потока отказов устройств, блок профилактического обслуживания являются элементами, позволяющими путем корректировки технических характеристик других элементов имитировать возникновение плановых и случайных воздействий на систему, меняющих ее пропускную способность.

Составной частью ЖДТС является ТП. К особенностям ТП (поездотока), которые требуют отдельного внимания в процессе формализации и моделирования работы участка ЖС, можно отнести динамико-стахостический характер изменения параметров – суточные, сезонные колебания плотности, интенсивности потока; множественность критериев качества состава потока; сложность замера и контроля изменения характеристик функционирования потока. Составные

единицы ТП – поезда в процессе моделирования работы участка описываются рядом стационарных параметров (тип поезда и тип локомотива, тип вагонов и их количество, загруженность вагонов, общие масса и длина поезда и пр.), определяющих последующие характеристики продвижения по перегону (скорость, режим управления).

Ключевым звеном системы, определившим структуру, порядок и состав описания объектов, является блок управления движением ТП. В нем на базе входных параметров (технических характеристик участков и проходящих по ним поездов) организуется изменение динамических характеристик функционирования ТП (скорость поездов, режимы управления, время). Поскольку взаимодействие всех частей исследуемой системы должно быть бесконфликтным, производится постоянный (в том числе и с помощью блока СЦБ) контроль соблюдения требований безопасности движения поездов с учетом особенностей участков и сложившейся транспортной ситуации.

Таким образом, ИМ IM_JD должна удовлетворять следующим требованиям: достаточно полно представлять исследуемый участок, ТП и организацию его функционирования; обеспечивать определение характеристик перемещения поездов (при составлении новых графиков движения поездов); позволять оценить эффективность организации движения по заданному графику.

3. Имитационная модель функционирования участка железнодорожной сети

Задачи исследования и описание объекта определили состав и структуру ИМ функционирования участка ЖС. Модель IM_JD структурно включает взаимодействующие модули: задания начальных данных о плане и профиле участка и движущихся по нему поездах; контроль безопасности; моделирование движения поездов по участку; управление и анализ.

Работа ИМ основана на принципах теории массового обслуживания [4], согласно которым система представляется в виде набора приборов массового обслуживания (ПМО), через которые проходит и обслуживается во времени поток заявок. Элементарными ПМО для IM_JD являются участки пути, а заявками – поезда. Управление процессом имитации осуществляется путем задания начальных параметров моделирования и организацией корректирующего воздействия на режим движения транспортных единиц в дискретные моменты времени моделирования.

Модуль задания начальных данных ИМ организует занесение информации о характеристиках исследуемого участка, способах организации движения поездов и характеристиках подвижного состава. Начальные параметры организованы в таблицы базы данных, которая определяет характеристики трассы (координаты пунктов отправления и назначения с соответствующими значениями ограничений скоростей; технические характеристики отрезков участка пути с соответствующими для них ограничениями скорости движения); параметры подвижного состава (число вагонов в составе; длина, вес вагонов); параметры организации движения (направление движения по магистрали; общее количество поездов, поступивших на участок за время моделирования; интервалы времени между отправлениями поездов).

Модуль контроля безопасности обеспечивает соблюдение принципов безопасности организации движения в процессе моделирования. Он отвечает за формирование массива безопасности, каждому элементу которого соответствует значение максимальной скорости на отрезке исследуемого участка ЖС, на котором может находиться не более одного поезда. Длина отрезка определяется на основе расчета тормозного пути и параметров движения поезда, идущего

вперед. В массиве безопасности, исходя из характеристик управляемого поезда, формируются значения максимально допустимой скорости движения, ограничения на силу тяги, на допустимое ускорение.

В модуле моделирования движения организуется согласование в модельном времени прохождения поездами исследуемого участка ЖС (обслуживание заявок прибором). При этом формируются динамические параметры описания поезда: создается уникальный идентификационный номер, содержащий информацию о категории, направлении следования, мощности локомотива, длине, массе (далее он остается неизменным); задаются координаты местоположения и скорость в текущий момент; время выхода на очередной отрезок участка пути; номер текущего режима управления (режима экстренного или служебного торможения, выбега (движения по инерции), поддержания скорости, максимальной тяги). Для реализации параллельного продвижения поездов организуется очередь заявок, соответствующая множеству поездов, запланированных для перемещения по участку. Очередь организована таким образом, что первым элементом в ней является заявка с минимальным временем, соответствующая поезду, который раньше других вступил на участок.

Данный блок реализует возможности имитации выполнения заданного или создания нового графика движения, а также расчета резервов времени и времени простоя, образующихся при обгонах или скрещении, в нем просчитываются количество скрещений и обгонов, время, затрачиваемое на прохождение участка. Собранные в процессе проведения данные обрабатываются в блоке управления и анализа.

Модуль управления и анализа позволяет управлять порядком следования поездов и выводить полученные в процессе моделирования результаты обработки статистических данных.

По результатам проведенных имитационных экспериментов вычисляются отклики: значения скоростей поездов на различных участках исследуемого пути; временные интервалы прохождения различных участков пути; временные границы отправки и прибытия поездов; оптимальный порядок следования планируемых поездов; показатель экономической эффективности.

4. Пути повышения пропускной способности участка ЖС

Повышение пропускной способности участков ЖС может быть достигнуто как организационно-техническими мерами, так и путём реконструкции [1]. Организационно-технические мероприятия включают сокращение межстанционных и межпоездных интервалов, применение более эффективных типов графиков, сдваивание и соединение поездов, использование сборных поездов. Они являются наиболее оперативным и дешёвым путем решения проблемы, однако позволяют улучшать ситуацию до определенных границ и не исключают реконструкции (замену устройств СЦБ, развитие путевых устройств, реконструкцию подвижного состава и тяги).

IM_JD, являясь инструментом моделирования работы исследуемой системы, позволяет проводить анализ процесса прохождения поездами участка, способствующий оптимальной организации сообщения для заданного ТП. При этом проблема увеличения пропускной способности решается за счет увеличения коэффициента скорости (отношения участковой и технической скоростей, развиваемых поездами на участке), сокращения расстояния между попутно следующими поездами и определения оптимальных технических характеристик и порядка

следования поездов (в случае возможности регулирования этих параметров) соответственно функционированию отправочных и приемных пунктов, то есть корректировкой либо составлением новых графиков движения поездов.

При анализе предварительно составленного графика движения поездов по участку в ИМ сравниваются запланированное время прохождения исследуемого участка поездом с модельным временем обслуживания заявки. При этом выявляются несоответствия в движении, которые определяют резервы повышения пропускной способности участка либо указывают на «узкие места» пути. Выявленные отклонения в движении учитываются в блоке управления при выработке корректирующих воздействий, позволяющих изменить режим движения поезда.

В случае, если график движения заранее не задан, то в начале моделирования без плановых ограничений по времени пропускается первый поезд из очереди, параметры движения которого рассматриваются как идеальные. На движение всех последующих поездов накладываются ограничения массива безопасности, формируемого в ходе моделирования. При этом определяются контрольные значения времён графика движения поездов на участке с учётом выбранной интенсивности поступления поездов.

В обоих случаях при моделировании продвижения поезда реализуется следующий алгоритм управления: на каждом этапе продвижения (по каждому блоку-участку), согласно техническим характеристикам участка, поезда, текущего режима управления локомотива, данным блока контроля безопасности, определяются максимально допустимая скорость и соответствующий ей режим управления, после чего поезд «продвигается» к следующему участку. Данные по пройденному участку – время на прохождение, запас времени графика, если он был заранее задан, время, затраченное при скрещиваниях и обгоне, а также информация о местоположении поезда, запоминаются и обрабатываются управляющей подсистемой модели. На основании полученных данных строятся графики движения поездов и рассчитываются показатели эффективности организации сообщения: коэффициенты скорости (отношение участковой и технической скоростей), минимальные количества обгонов и скрещиваний.

5. Заключение

Описанная ИМ позволяет оптимизировать характеристики организации движения на участке, во-первых, путем повышения скорости движения на участке, а значит, сокращением расхода топлива и времени, во-вторых, путем увеличения пропускной способности дороги за счет увеличения плотности поездопотока. Она позволяет отражать как разные стороны функционирования ЖДТС, так и разные уровни отображения происходящих в ней процессов.

ИМ участка ЖС позволяет решать задачи оценки эксплуатационных характеристик утвержденного графика движения поездов; составления графика движения поездов с учётом меняющейся нагрузки; определения характеристик перемещения поездов, обеспечивающих оптимальную загрузку участка; оценки экономической эффективности предлагаемых мероприятий; выявления «узких мест» и резервов повышения пропускной способности исследуемого участка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кудрявцев В.А. Управление движением на железнодорожном транспорте: Учебное пособие для вузов ж.-д.

- транспорта / Кудрявцев В.А. – М.: Маршрут, 2003. – 200 с.
2. Система ETCS: перспективы и опыт. J. Pore по материалам комитета ITC IRSE // Железные дороги мира. – 2008. – № 4 (16). – С. 24 – 35.
3. Определение интегрального максимального потока транспортной сети региона на основе имитационного моделирования / И.В. Максимей, Е.И. Сукач, П.В. Гируц [и др.] // IV Междунар. конф. «Информационные системы и технологии» (Минск, 4–6 ноября 2008 г.) / Академия управления при Президенте Республики Беларусь. – Минск: БГУ, 2008. – С. 143 – 149.
4. Таха Х.А. Введение в исследование операций / Таха Х.А.; пер. с англ. – [7-е изд.]. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. – 912 с.

Стаття надійшла до редакції 22.06.2009