ОПЕРАТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПОЕЗДОПОТОКАМИ НА СЕТИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ РОССИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

Т.В. Девятков, В.В. Девятков, Е.А. Нифантьев (Казань), В.И. Уманский, Вдовин А. Н. (Москва)

Для прогнозирования пропуска поездопотока по направлениям сети ОАО РЖД был разработан аналитико-имитационный программный комплекс (далее – комплекс).

Целью создания комплекса является формирование управляющих решений диспетчеров разных уровней в составе информационно-управляющей системы центра управления перевозками.

Среди основных задач, решаемых с помощью комплекса, можно выделить следующие:

• автоматическая прокладка маршрутов пропуска грузовых поездов по плану формирования от станции текущей дислокации до станций назначения по расчетному графу сети железных дорог с привязкой поездов на нитки вариантного графика;

• расчет прогнозных значений размеров движения по прибытию и отправлению поездов по выделенным станциям (с разбивкой по времени и по направлениям) и стыковым пунктам с разбивкой по временным периодам;

• расчет прогнозных значений наличия поездов по временным срезам на участках в каждом направлении, в сравнении с нормами вариантного графика;

• сравнение вариантов укрупненного расчета маршрута и времени проследования поездов по базовым и альтернативным маршрутам моделирования пропуска поездопотока, с учетом установленных критериев моделирования;

• предоставление информации о поездах, которые не обеспечены нитками вариантного графика для пропуска по маршруту следования;

• предоставление информации о наличии «барьерных мест» с нехваткой пропускной способности для пропуска существующего и прогнозного поездопотока, с учетом проведения текущих и планируемых «окон»;

• предоставление информации в смежную подсистему ИУС ЦУП формирования управляющих приказов о вариантах решения ситуаций, требующих диспетчерского вмешательства.

В программном обеспечении комплекса предусмотрены модули аналитических расчетов и имитационного моделирования, взаимодействия и визуализации.

Расчетный модуль предназначен для реализации алгоритмов поиска кратчайших путей (по расстоянию, времени или стоимости) на графе сети железных дорог моделирования, с учетом «ремонтных окон», аварий и других ситуаций. Далее по результатам аналитических расчетов, построенным маршрутам и с учетом текущих поездов, производится имитационное моделирование поездопотока на сети.

Модуль для визуализации предназначен для графического представления результатов моделирования на электронной мнемосхеме сети, а также сравнения вариантов пропуска поездопотока по направлениям сети железных дорог, как в табличном, так и графическом виде, с большим набором настраиваемых параметров.

Модуль взаимодействия предназначен для получения и хранения исходной информации, передачи выходной информации по результатам моделирования и параметров предлагаемых управляющих решений во внешние модули ИУС ЦУП.

Исходными данными для разработки имитационной модели являлись:

• вариантный график движения поездов по сети ОАО «РЖД»;

• актуальный план формирования грузовых поездов на сети ОАО «РЖД»;

• текущие наличие и дислокация грузовых поездов на сети ОАО «РЖД»;

• подход грузовых поездов с соседних администраций;

• статистика формирования и расформирования грузовых поездов по сортировочным станциям;

• статистика простоя транзитных грузовых поездов по техническим станциям с учетом категории поездов и направления движения;

• план погрузки на основных грузовых станциях сети, для прогноза отправления грузовых поездов со станций погрузки, статистика отправления порожних маршрутов с портовых станций и основных станций выгрузки;

• информация о текущих и планируемых «окнах».

Для отображения схемы сети железных дорог с выделением элементов станций и участков предусмотрены различные графические элементы: выделенная сортировочная станция, сортировочная станция, стыковая станция, станция смены тяги, прочая станция и участок. Пример отображения схемы показан на рис. 1.

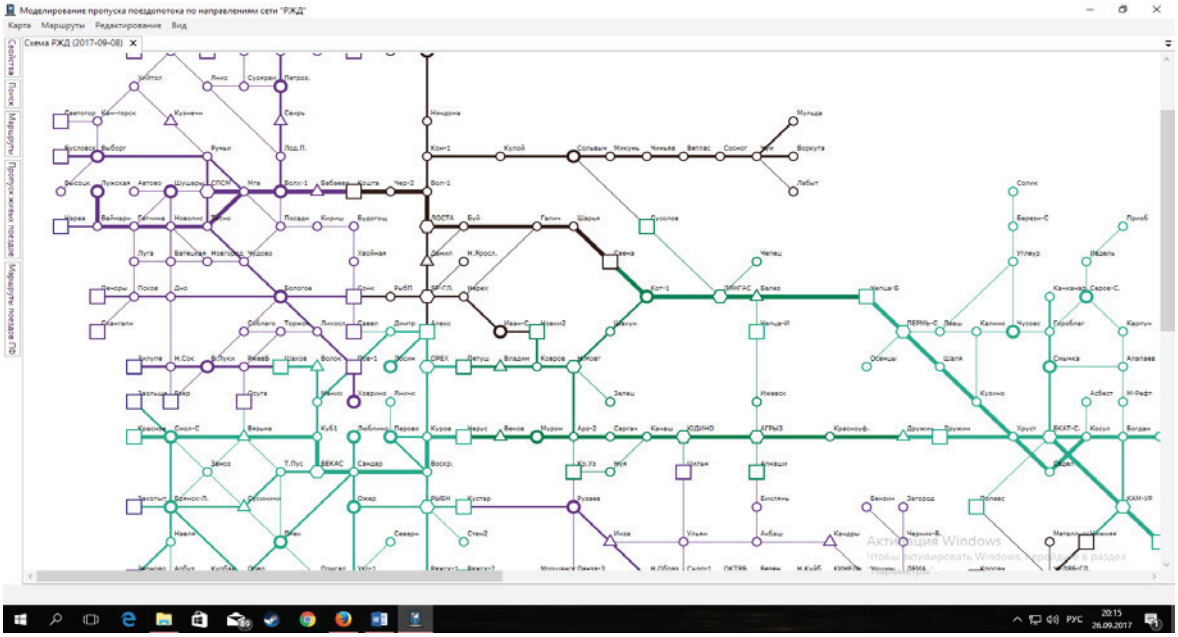

Рис. 1. Пример отображения мнемосхемы

Каждый из элементов мнемосхемы имеет свой набор параметров отображения и режимов работы. Так, например, базовыми параметрами участка являются – количество путей, вид тяги, протяженность, привязка промежуточных станций, количество и условная длина приемо-отправочных путей. Переменные параметры – время хода, скорость, пропускная способность.

Электронная мнемосхема обеспечивает отображение:

• одного или нескольких вариантов пропуска потока между станциями;

• маршрута следования вагонопотока заданного назначения по назначениям плана формирования поездов на схеме сети и диаграмме вагонопотоков;

• прогнозных маршрутов следования поездов от станции дислокации до станции назначения;

• диаграммы прогнозного прибытия и отправления поездов и привязки к ниткам вариантного графика;

• диаграммы прогнозной загрузки участков поездами по часовым срезам с выделением участков и периодов с превышением пропускной способности, и нормативов наличия поездов на участке по вариантному графику;

• таблиц последовательности станций, нарастающего и последовательного расстояния между станциями, прогнозного времени прибытия и отправления, привязки к ниткам вариантного графика по вариантам пропуска поездов;

• сравнительных характеристик вариантов маршрутов на схеме, на диаграмме загрузки станций, диаграмме загрузки участков и в виде укрупненного графика движения по времени, расстоянию, эксплуатационным расходам;

• «барьерных мест» на схеме с указанием места и времени возникновения, лимитирующих поездов по нехватке пропускной способности, по отсутствию ниток вариантного графика.

Поиск нескольких вариантов маршрутов производится с использованием комбинации нескольких алгоритмов поиска кратчайшего пути: Дийкстры и Карлайла. Входными данными являются: взвешенный граф дорог G=(V,E); начальная станция S; конечная станция T; максимальный коэффициент превышения K. Выходом является массив путей, отличающихся от оптимального не более чем в K раз.

На рис. 2 приведен пример отображения одного из вариантов маршрута по критерию минимального расстояния.

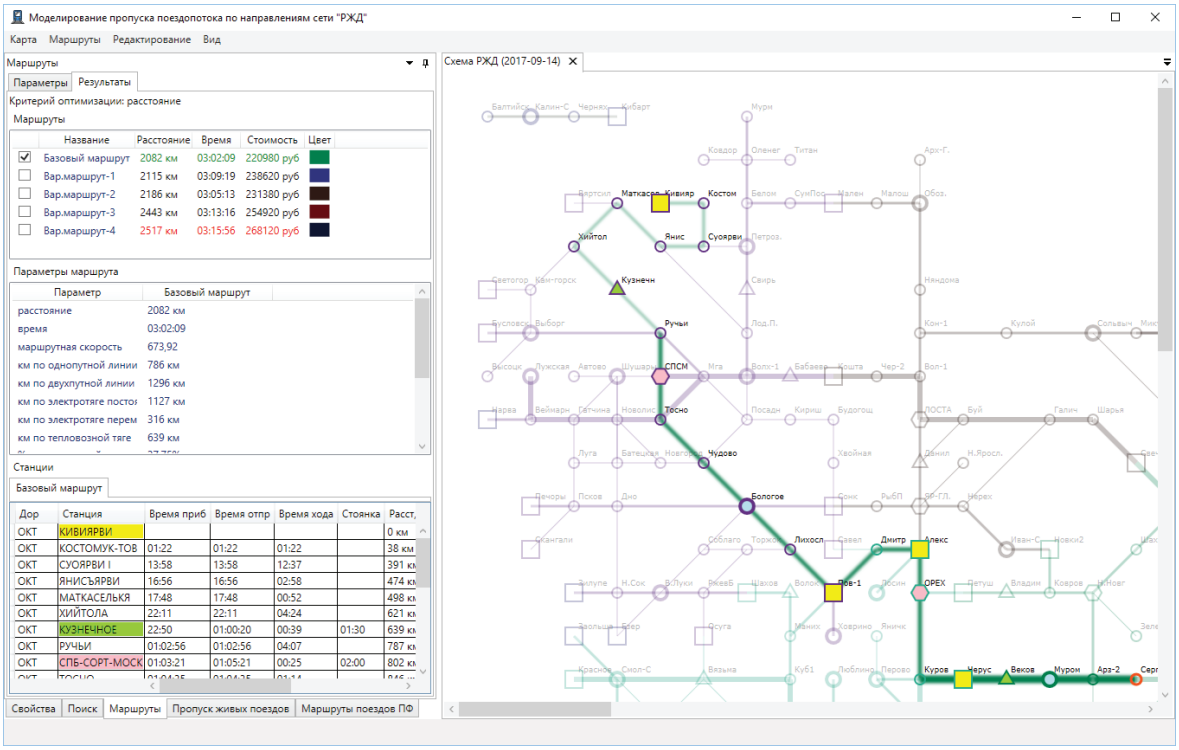

Рис. 2. Пример отображения вариантов маршрута по критерию «расстояние»

Аналитико-имитационный модуль обеспечивает моделирование процесса пропуска поездопотоков по участкам и станциям по заданным вариантам маршрута: прибытие и отправление поездов по станциям с учетом привязки к ниткам вариантного графика и категории поезда, занятие участков в каждом направлении по часовым периодам и по часовым срезам. Кроме этого моделируется прогнозное отправление поездов по статистическим данным с

учетом привязки к ниткам графика на заданный период планирования. Также в этом модуле осуществляется расчет времени операций и расстояния по маршруту следования заданной корреспонденции для вариантов маршрутов. По результатам моделирования выявляются участки, станции, периоды времени и лимитирующие поезда, на которых достигается превышение пропускной способности, нехватка ниток вариантного графика. Быстрая работа имитационной модели (несколько секунд) позволяет осуществить расчет: вариантов стратегий по вариантам управляющих действий для лимитирующих поездов, изменение маршрута, отставление от движения, изменение станции назначения поезда. Пример отображения результатов моделирования на мнемосхеме приведен на рис. 3.

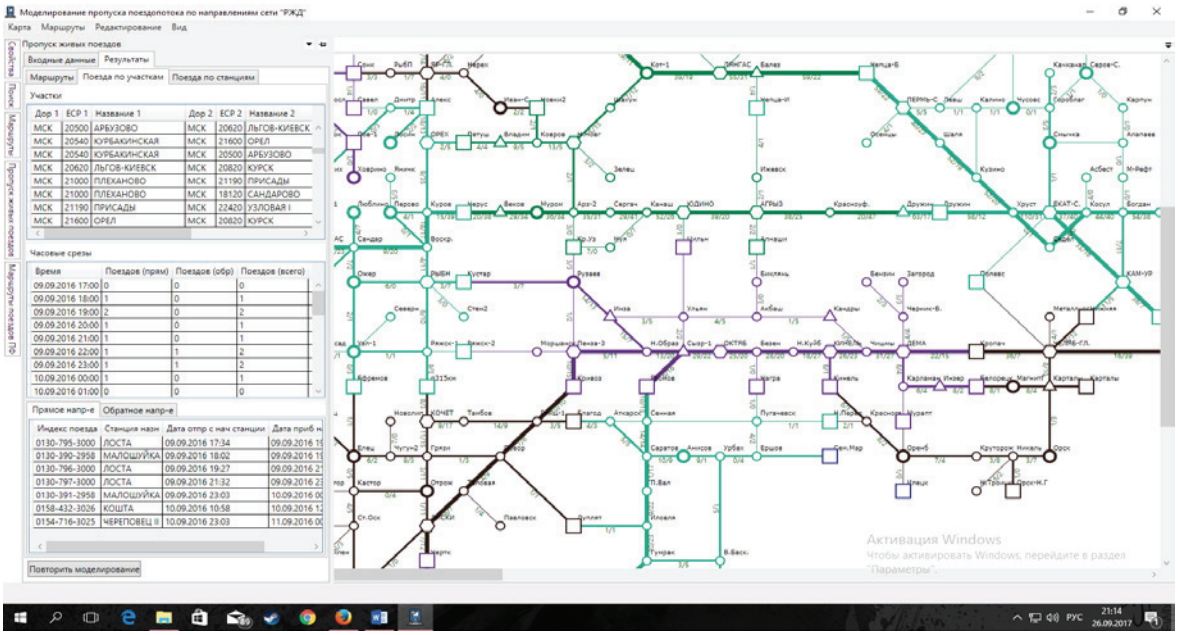

Рис. 3. Результаты моделирования – размеры движения по участкам

Модуль взаимодействия обеспечивает: получение и хранение исходных данных по установленному регламенту; информирование о готовности вариантов управляющих решений; формирование и передачу информации об управляющих решениях по поездам в модуль ИУС ЦУП для подготовки управляющего приказа.

Все перечисленные возможности комплекса позволяют оператору РЖД быстро принимать решения по поездам в оперативном режиме. Имитационная модель позволяет рассчитывать передвижение по маршруту на 3–4 часа вперед (рис. 4), за приемлемое время (время расчета составляет порядка 10–15 секунд). Комплекс находится в стадии завершения разработки и до конца года будет передан для начала опытной эксплуатации.

Имитационная модель, включенная в контур программного обеспечения, является дискретно-событийной. Имеется два варианта модели: упрощенная, используемая для быстрых расчетов, и детальная. Упрощенная разработана на языке C# в виде специализированного симулятора. Детальная модель создается в среде GPSS STUDIO [1], [2]. Проверка адекватности работы имитационной модели производилась посредством сравнения результатов моделирования с реальной статистикой передвижения поездов по предыдущим периодам работы железных дорог, а также нормативным документам расчета пропускных способностей станций и перегонов.

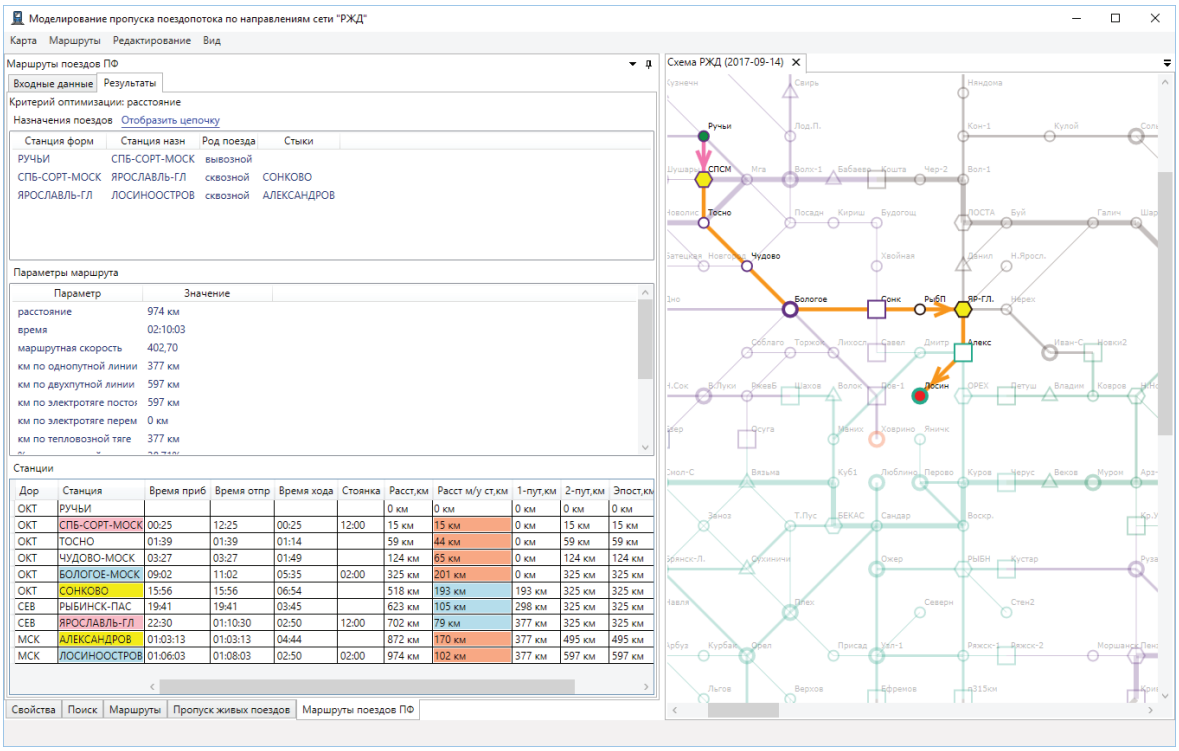

Рис. 4. Результат построения оптимального маршрута поезда

Выводы

Использование данного программного комплекса позволит диспетчерам просчитывать варианты изменения маршрутов поездов на различную глубину (по времени), с предсказанием вероятных затруднений и задержек. Также есть возможность прокладывать пути в трех основных видах стратегии:

- по любым железным дорогам от станции назначения до станции прибытия;
- при условии прохождения заранее установленного списка железных дорог;
- при условии задействования списка стыковочных станций.

Возможности, которые открываются перед аналитиками дорог, дают им возможность решать задачи, которые ранее выполнялись вручную. Доработка данного программного средства позволит решить ряд новых задач, например, управление и распределением по сети РЖД парка локомотивов и численности локомотивных бригад.

Литература

1. Разработка имитационной модели железнодорожного направления, входящей в состав СППР, на новых программно-методологических принципах / С.А. Власов, В.В. Девятков, Т.В. Девятков, В.Л. Павлов, В.И. Уманский // Техника и технология. 2013. №2 (55). С. 19–22.
2. Имитационные исследования в среде моделирования GPSS STUDIO: учеб. пособие/ В.В. Девятков, Т.В. Девятков, М.В. Федотов; под общ. ред. В.В. Девяткова. М.: ИНФРА-М, 2018. 283 с.