

## УКРУПНЕННАЯ МОДЕЛЬ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО НАПРАВЛЕНИЯ

В. С. Ковалев, Д. И. Усанов (Казань),  
Д. В. Цуцков, С. В. Калинин (Москва)

Традиционно железнодорожные перевозки занимают в экономике страны важное место. Их объемы растут из года в год. В то же время растет конкуренция с другими видами транспорта. Поэтому для оптимизации издержек, увеличения объема перевозок, улучшения их качества, повышения пропускной способности железных дорог требуется детальное и тщательное исследование всех нюансов и деталей поездной работы и перевозочного процесса, проверка новых управленческих решений и технологий. Одним из важнейших инструментов таких исследований является имитационное моделирование.

Основной целью имитационного приложения, описанного в данной статье, является разработка программного комплекса и методики, позволяющих проводить всесторонний анализ характеристик перевозочных процессов полигона большой размерности.

Работы по использованию метода имитационного моделирования для анализа перевозочных процессов в ОАО «РЖД» активно ведутся в течение нескольких лет рядом организаций. В частности, существенные результаты по моделированию перевозочных процессов, в последние годы, достигнуты ВНИИАС и ЗАО «ИнтехГеоТранс». Ими разработан и внедрен комплекс имитационных моделей станции и участка. Данные модели позволяют детальнейшим образом имитировать работу станции и участка. Используемый уровень *детализации* позволяет достичь очень высокой степени адекватности модели и представить в ней весь процесс *«практически как есть» в реальной системе*.

Модели станции и участка позволяют решить многие, но не все задачи анализа и оптимизации поездной работы и перевозочного процесса. В частности, за принятый в них высочайший уровень детализации приходится платить существенными затратами машинного времени на эксперимент, и как результат, это не позволяет оперативно исследовать работу станции и участка в течение длительного периода времени (например, месяца, квартала или года). Наиболее приемлемый на практике уровень прогноза с их помощью – суточное планирование. Также в данных моделях, из-за большого объема вычислений, сложно исследовать не один, а несколько объектов (станций и участков) одновременно, в едином масштабе времени, с параллельной обработкой событий на всех объектах. Т. е. существующие модели участка и станции, по масштабам модели и решаемым задачам, это – своеобразный **микроуровень моделирования** поездной работы и перевозочного процесса.

Для решения задач большего масштаба нужно создать модели с меньшим уровнем детализации – **модели макроуровня** поездной и перевозочной работы более крупных элементов сети железных дорог ОАО «РЖД».

В связи с этим, коллективом авторов (ЗАО «ИнтехГеоТранс» и ООО «Элина-Компьютер») была поставлена задача:

- От моделирования полигонов, содержащих такие объекты, как **станция – участок**, необходимо перейти к моделированию полигонов, содержащих большее количество объектов. Например, **станция – участок – направление – отделение дороги – дорога и др.**
- От анализа работы полигона в течение **одной или нескольких смен** перейти к анализу полигона за **месяц, квартал или год**.

На рис. 1 показаны результаты формализации модели перевозочных процессов на выбранном полигоне как системы массового обслуживания.

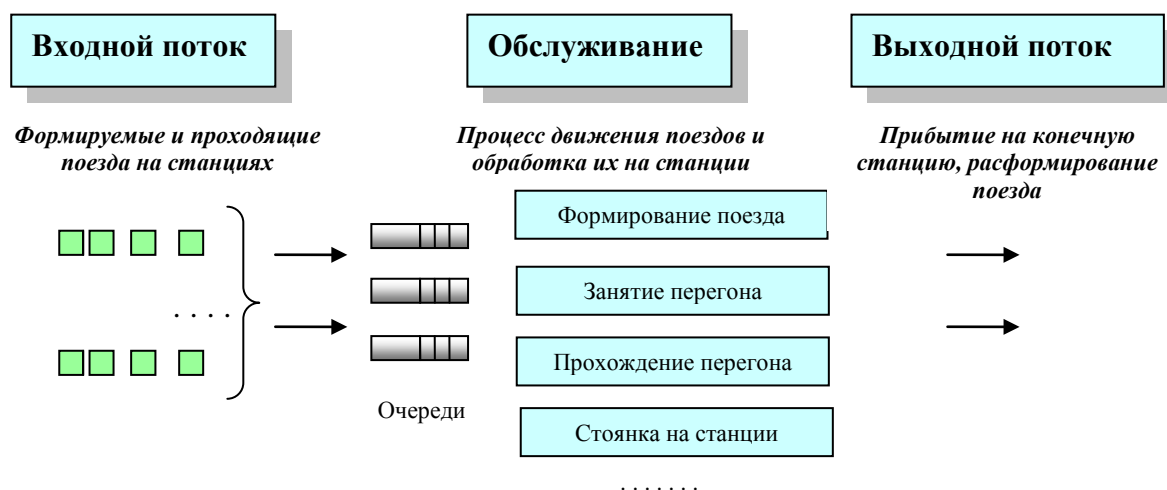


Рис. 1. Формализованная схема работы полигона как СМО

Из рисунка видно, что при таком подходе основными объектами и процессами в модели будут: поезда, схема путевого развития, станции, действия и события, происходящие с поездами. Рассмотрим требования и ограничения к использованию этих объектов в модели.

Среди всего множества поездного и маневрового оборудования в модели рассматривается только то, что единым целым передвигается по путевой схеме – поезд и локомотив. Минимально рассматриваемыми элементами в путевой схеме являются следующие сегменты: перегоны и все виды станционных путей.

Каждый из этих сегментов и алгоритмы наступления тех или иных событий рассматривается только с позиций использования их поездами. Это – движение поездов на участке, остановка и задержка поездов, а также прибытие, стоянка, отправление, формирование или расформирование поездов на станции.

В модели рассматриваются два вида станций – технические и промежуточные, и они представлены как точечные объекты. Поэтому, в модели с поездом на станции происходит только одно событие – временная задержка. Это либо остановка, либо выгрузка, либо погрузка, либо прохождение через станцию, или просто задержка поезда. При этом при вычислении временной задержки учитываются и схемы путевого развития станции. Схемы путевого развития станции нужны и для имитации пропуска на станцию числа поездов, которые действительно может в данный момент принять станция.

Как и в любом имитационном приложении, кроме самой модели, была проведена разработка интерфейса взаимодействия аналитика с моделью при вводе исходных данных, анализе результатов и других действиях аналитика при проведении имитационного исследования.

Общая функциональная структура имитационного приложения приведена на рис. 2. В настоящее время завершен первый этап проекта, результатом которого является макет имитационного приложения реализующего технологию перевозочного процесса, принятого в ОАО «РЖД», с принятым уровнем детализации.

В качестве моделирующего ядра и основной подсистемы приложения использована общецелевая система имитационного моделирования GPSS World. Остальные части имитационного приложения реализованы на языках C#.NET.



Рис. 2. Структура имитационного приложения

Примеры интерфейса аналитика с моделью при вводе исходных данных приведены на рис. 3, 4.

Из данных примеров видно, что взаимодействие пользователя с моделью реализовано на языке, принятом в железнодорожной области. В языке использована терминология и графика предметной области. Данный интерфейс понятен аналитикам РЖД и удобен в применении.

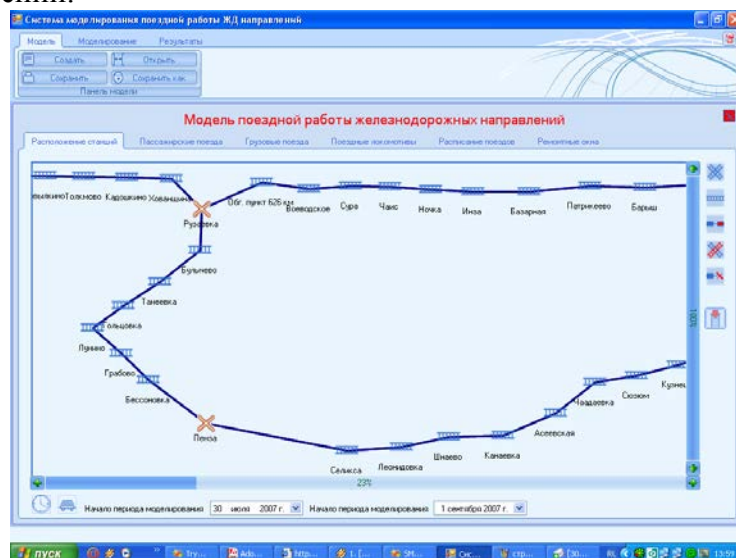


Рис. 3. Задание графической схемы полигона

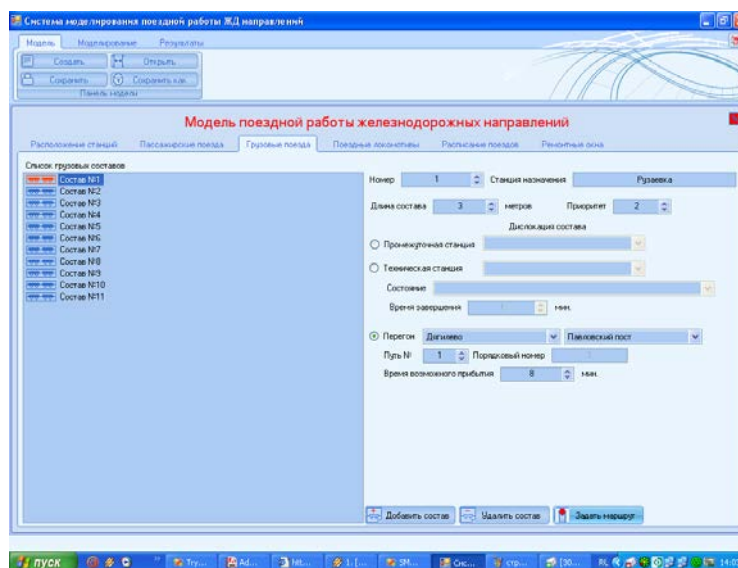


Рис. 4. Ввод характеристик составов грузовых поездов

Основой для проведения любого исследования является выработка показателей и характеристик функционирования системы и вывод их в форме, удобной и наглядной для анализа и дальнейшего использования. Данное имитационное приложение предоставляет широкий набор таких показателей. На рис. 5 приведен пример вывода итоговых показателей имитационного прогона модели.

Наименование показателя	Норма	Факт	Отклонение	Потери тыс. руб.
<b>1 Маршрутная скорость, км/сут</b>				
1.1 Пассажирские	0	757,89	-757,89	-26141,02
1.2 Все грузовые	0	0	0,00	0,00
1.3 Транзитные грузовые	0	0	0,00	0,00
1.4 Местные грузовые	0	0	0,00	0,00
1.5 Грузовые в расформировании	0	0	0,00	0,00
1.6 Грузовые своего формирования	0	0	0,00	0,00
1.7 Средняя	0	757,89	-757,89	-44085,01
<b>2 Участковая скорость, км/час</b>				
2.1 Пассажирские	0	60,00	-60,00	-96,23
2.2 Грузовые	0	0	0,00	0,00
2.3 Средняя	0	60,00	-60,00	-145,42
<b>3 Простой грузовых составов на технических станциях, вагоно-час</b>				
3.1 Транзитные по системе локомотивов	0	0,00	0,00	0,00
3.2 Транзитные по системе только бригад	0	0	0,00	0,00
3.3 В расформировании	0	0,00	0,00	0,00
3.4 Своих формирования	0	0,00	0,00	0,00
3.5 Средняя	0	0	0,00	0,00
<b>4 Простой локомотивов, локо-час</b>				
4.1 На станции	0	4,00	-4,00	-1,15
4.2 В дело	0	0,00	0,00	0,00

Рис. 5. Итоговые показатели работы направления

Вторым этапом работы предусматривается ряд функциональных дополнений, в частности, «привязка» имитационного приложения к различным автоматизированным системам, функционирующим в отрасли. Эти системы могут стать оперативным и достоверным источником нормативно-справочной информации, исходных и статистических данных для модели.

---

После полного завершения разработки, **системные аналитики** ОАО «Российские железные дороги» смогут использовать возможности приложения при решении задач планирования и управления системой организации и управления движением поездов на выбранном полигоне:

- **осуществлять анализ** текущего состояния полигона, в части получения количественных характеристик его пропускной способности при существующих характеристиках поездной работы и перевозочных процессов;
- **проводить оценку** возможности увеличения интенсивности пропуска поездов при существующей структуре путевых схем и станционных мощностях (уплотнение расписания, уменьшение межпоездных интервалов, сокращение времени обслуживания их на станциях и т.д.);
- **анализировать планы** развития возможностей и ремонта путевых схем станций и перегонов, **оценивать целесообразность** увеличения количества путей и других характеристик путевой схемы на наиболее напряженных участках направления;
- **проверять техническую возможность и экономическую целесообразность** изменения расписания движения поездов или изменения схем их движения;
- **осуществлять проверку** изменения регламента движения и обслуживания поездов;
- **вырабатывать**, на основе результатов моделирования, отраслевые методические рекомендации и инструкции, **разрабатывать** различные организационные, технические и технологические мероприятия по увеличению пропускной способности направлений, отделений и дорог.