

УДК 656.225: 004.047

Рахмангулов А.Н., Мишкuroв П.Н.

**ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ
ТЕХНОЛОГИИ РАБОТЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СТАНЦИИ В
СИСТЕМЕ ANYLOGIC**

*Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова,
455000, Российская Федерация, г. Магнитогорск, пр. Ленина д. 38*

UDC 656.225: 004.047

Rakhmangulov A.N., Mishkurov P.N.

**SPECIAL ASPECTS OF RAILROAD STATION WORKING METHOD
SIMULATION MODEL DEVELOPMENT WITHIN ANYLOGIC SYSTEM**

*Magnitogorsk state technical university named after G.I.Nosov,
455000, Russian Federation, Magnitogorsk, Lenina 38*

Представлены способы и алгоритмы описания маневровой работы железнодoрoжных станций в среде имитационного моделирования AnyLogic.

Ключевые слова: имитационное моделирование, маневровая работа, железнодoрoжная станция, AnyLogic.

Approaches and description algorithms of railroad stations shunting within AnyLogic simulation modeling environment are presented.

Key words: simulation modeling, shunting, railroad station, AnyLogic.

Возрастающая сложность производственных и транспортных систем требует применение адекватных методов их исследования, совершенствования и проектирования [1, 2]. Наиболее эффективным методом системного анализа сложных объектов является метод имитационного моделирования. Однако в настоящее время данный метод недостаточно широко применяется в практике научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Это связано,

главным образом, с отсутствием эффективного и удобного инструментария для построения имитационных моделей и проведения с ними экспериментов.

Большинство существующих программных систем имитационного моделирования, таких как GPSS, SLAM, Simprocess, Arena, Extend, Witness и т.п., поддерживают только одну парадигму построения имитационных моделей и не позволяют использовать современный объектно-ориентированный подход к описанию моделей. Кроме того, большинство из перечисленных продуктов отличает отсутствие качественной локализации и поддержки для Российских условий.

Единственной известной на сегодняшний день системой имитационного моделирования, в которой реализованы все три современные парадигмы построения имитационных моделей: системно-динамическая, дискретно-событийная и агентная является программная система AnyLogic. Данный отечественный продукт позволяет комбинировать все три парадигмы в рамках одной модели, что значительно расширяет сферу применения этой системы по сравнению с аналогичными программами. Кроме того, наличие современного графического интерфейса позволяет конструировать модели из многочисленных готовых объектов, содержащихся в готовых проблемно-ориентированных библиотеках. Например, для создания имитационных моделей работы объектов железнодорожного транспорта существует «Железнодорожная библиотека» (рис. 1).

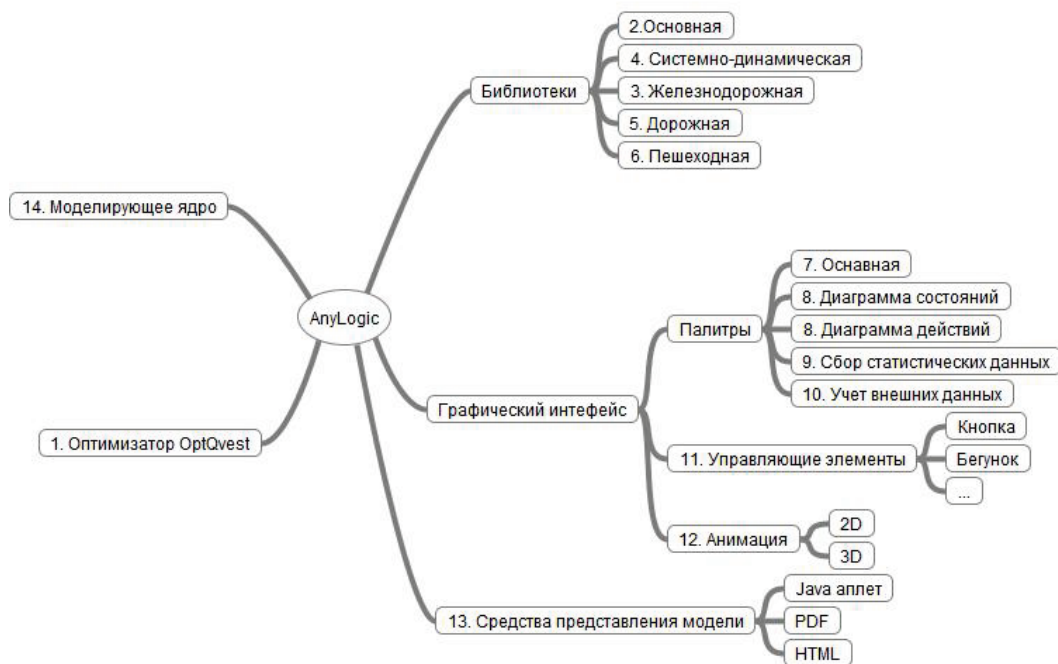


Рис. 1. Функциональная структура программной системы имитационного моделирования AnyLogic

«Железнодорожная библиотека» позволяет эффективно моделировать и визуализировать функционирование железнодорожных объектов любого масштаба и уровня сложности – от отдельных станций и железнодорожных линий, до железнодорожных узлов и путей необщего пользования крупных промышленных предприятий. Основным недостатком актуальной версии «Железнодорожной библиотеки» является ее ориентация на моделирование исключительно поездной работы, организованной на основе графика движения поездов. В случае корректного описания в модели графика движения поездов исключается занятость одних и тех же элементов путевого развития отдельных пунктов разными поездами. Однако при моделировании маневровой работы возникает необходимость проверки свободности всех элементов путевого развития, входящих в маршрут движения маневровых составов, для исключения ситуации «столкновения» в модели таких составов между собой и с транзитными поездами, проходящими по станции. Кроме того, работа ряда станций, в особенности промышленных железнодорожных станций, связана с обработкой нестабильных и неравномерных как по интенсивности, так и по структуре вагоно- и поездопотоков [3, 4], что делает необходимым изменение в

оперативном режиме «нормативной» технологии работы станции и выработку рациональных ситуационных решений. Для имитации так называемой «гибкой технологии» [5, 6, 7] работы железнодорожной станции требуется разработка специфического способа описания этой технологии в системе AnyLogic.

Предлагается способ и алгоритмы описания в имитационной модели маневровой работы железнодорожной станции, исключая одновременное использование элементов путевого развития при выполнении разных операций перевозочного процесса и позволяющие оценивать величину задержек и простоев подвижного состава на станции из-за занятости путей и локомотивов. Имитационная модель железнодорожной станции, построенная с использованием разработанного способа, позволяет выявлять «узкие места» в технологическом процессе станции, связанные как с недостаточным (избыточным) техническим оснащением станции, так и с нерациональной организацией маневровой работы станции.

Особенностью описания железнодорожных объектов с использованием «Железнодорожной библиотеки» системы AnyLogic является представление операций перевозочного процесса при помощи определенных объектов библиотеки. При этом поезда, локомотивы и вагоны представляются в виде «заявок», обрабатываемых этими объектами. Схема путевого развития станции задается группой векторных фигур – ломаных линий и окружностей, соответственно изображающих железнодорожные пути и их соединения (стрелочные переводы) (рис. 2). Группа таких векторных фигур указывается в качестве параметра объекта «RailYard», который осуществляет проверку корректности схемы путевого развития, фиксирует занятость его отдельных элементов в процессе продвижения поездов по станции, автоматически переключает стрелочные переводы.

Для создания новых поездов в фиксированные или случайные моменты времени в библиотеке существует объект «TrainSource», генерирующий заявки в виде экземпляров класса «Train», содержащего данные о вагонах и локомотиве, являющимися, в свою очередь, экземплярами класса «RailCar».

Созданный поезд «помещается» на заданный железнодорожный путь – определенную ломаную линию.

Движение поездов в модели имитируется при помощи объекта «TrainMoveTo», основным параметром которого является маршрут движения, задаваемый перечнем элементов путевого развития, конечным элементом маршрута или определяемый автоматически в зависимости от положения стрелочных переводов на маршруте. Для моделирования маневровой работы наиболее рациональным является способ, основанный на задании перечня элементов путевого развития. Такой перечень должен быть получен в результате выбора пути назначения поезда и проверки свободности элементов путевого развития, последовательность которых образует маршрут движения до выбранного пути.

Проверка свободности определенного станционного пути назначения осуществляется в модели при помощи функции `RailYard.isTrackEmpty(Путь_N)`. Если «Путь_N» оказывается свободным, то он запоминается в качестве пути назначения.

Выбор пути назначения маневрового состава или поезда в модели может производиться не только по условию свободности одного из путей, на которые, согласно технологии, прибывает состав, но и на основании более сложных критериев, например, критерия минимума времени простоя вагонов на станции, достигаемого в результате определения оптимальной очередности подачи вагонов на грузовые фронты.

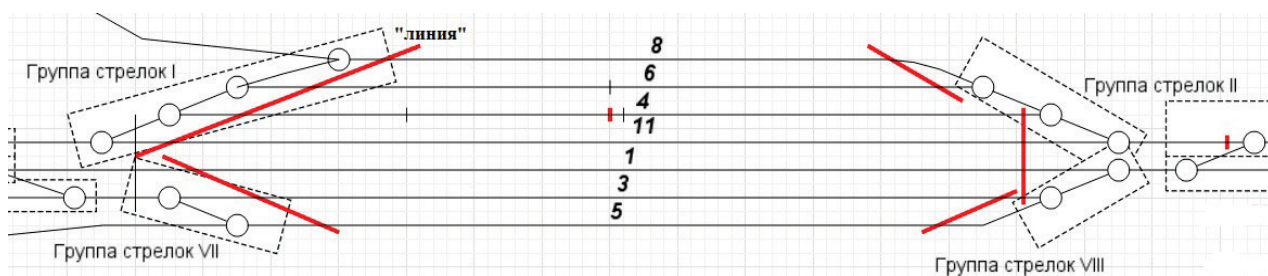


Рис. 2. Пример представления схемы железнодорожной станции в системе имитационного моделирования AnyLogic

Такие расчеты необходимо выполнять до момента начала движения маневрового состава. Если по каким-то причинам принято решение о задержке

маневрового состава, то в модели необходимо обеспечить учет времени и причин простоя. Для процесса принятия управленческого решения и учета задержек выполнения операций перевозочного процесса рационально применять способ, основанный на представлении элементов путевого развития в виде условных ресурсов, используемых при движении поездов или маневровых составов по этим элементам.

Реализация такого способа в модели производится с использованием потоковой диаграммы, включающей в себя три объекта «Основной библиотеки»: «Seize» (использование ресурса), «Release» (освобождение ресурса) и «ResourcePool» (запас ресурса) (рис. 3).

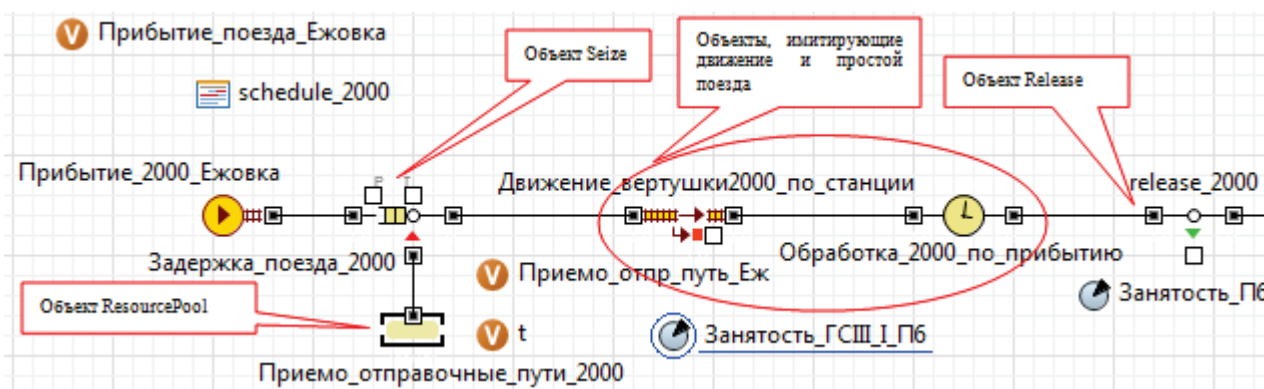


Рис. 3. Фрагмент примера потоковой диаграммы AnyLogic, имитирующей задержку поездов из-за занятости элементов путевого развития

Объект Seize при прохождении через него поезда (заявки) использует заданное количество (как правило, единицу) ресурса из «запаса», находящегося в соответствующем объекте ResourcePool. При этом количество ресурсов в объекте ResourcePool уменьшается на единицу. Если все ресурсы исчерпаны (соответствующий путь или все станционные пути заняты), то очередной поезд будет задержан на том пути, где он находится на момент проверки (поступления в объект Seize). Продолжительность задержки автоматически фиксируется объектом Seize. Когда поезд освобождает элемент путевого развития, то соответствующая поезду заявка «проходит» через объект Release. При этом высвобождается единица ресурса и число «свободных» ресурсов (путей) в объекте ResourcePool увеличивается на единицу, что означает

свободность элемента для выполнения операций перевозочного процесса с другими поездами.

Описанный способ рекомендуется применять для проверки занятости любых элементов путевого развития – приемо-отправочных, главных, вытяжных путей, грузовых фронтов, перегонов, а также групп стрелочных переводов.

Потоковая диаграмма AnyLogic, описывающая движение маневрового состава по железнодорожной станции, в общем виде будет представлять собой следующую последовательность объектов (рис. 4):

- TrainSource – генерирует моменты отправления с соседней станции (блок-участка) поездов на перегон, примыкающий к моделируемой станции;

- Seize и ResourcePool – обеспечивают проверку свободности перегона, по которому должен прибыть поезд на станцию и учитывает занятость перегона;

- TrainEnter – «помещает» поезд на перегон;

- TrainMoveTo – имитирует движение поезда по перегону до входного светофора. В качестве «цели движения» в этом случае необходимо указать точку пересечения условной линии, изображающей входной светофор, с ломаной линией, соответствующей в модели перегону. На рис. 2 такие линии показаны красным цветом и обозначают в данном примере местоположение предельных столбиков;

- связка объектов TrainExit и Exit – преобразует поезд в абстрактную заявку, продвижение которой имитирует процесс выбора маршрута движения поезда по станции. В объекте «Exit» реализуется алгоритм проверки свободности пути назначения поезда или другой алгоритм выбора оптимального маршрута. В результате выбирается один из нескольких объектов «Enter», каждый из которых является условным началом выбранного маршрута. Заявка помещается на вход выбранного объекта «Enter». Если альтернативных маршрутов более пяти, то вместо конструкции из объекта «Exit» и множества объектов «Enter» рационально использовать объект «SelectOutput5», позволяющий выбрать один из пяти возможных маршрутов движения поезда;

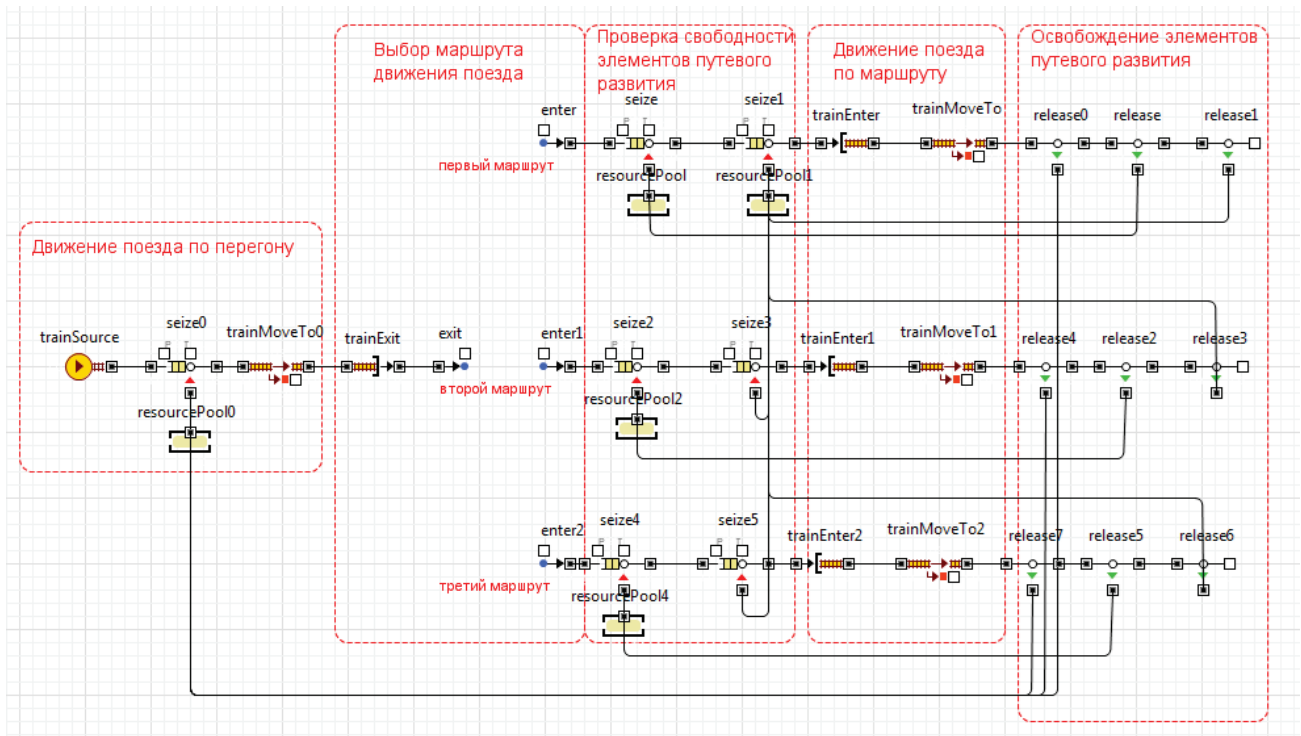


Рис. 4. Общий вид потоковой диаграммы AnyLogic, имитирующей прием поезда на железнодорожную станцию

- последовательность объектов Seize и ResourcePool – обеспечивает проверку свободности элементов путевого развития, через которые проходит выбранный маршрут, и учет их занятости в процессе движения поезда. Если хотя бы один из элементов в этой последовательности занят, то продолжительность задержки запоминается объектом для дальнейшего анализа с целью определения «узких мест» на станции. Прохождение заявки через данную последовательность объектов Seize и ResourcePool имитирует процесс набора маршрута на пульте-табло маршрутно-релейной централизации. В результате этого все элементы путевого развития, входящие в маршрут, считаются занятыми, что исключает в модели их одновременное использование для выполнения разных маневровых операций;
- TrainEnter – преобразует абстрактную заявку в поезд для имитации его движения по станции. Помещать поезд следует на тот же путь, на котором он находился при поступлении в объект TrainExit;
- TrainMoveTo – имитирует движение поезда по маршруту, заданному перечнем элементов путевого развития;

- последовательность объектов «Release», каждый из которых освобождает единицу ресурса, соответствующего элементу путевого развития, занимаемого во время движения по маршруту.

Представленная потоковая диаграмма системы AnyLogic может использоваться в качестве типовой для описания различных маневровых перемещений по железнодорожной станции. Предлагаемый способ не только предотвращает возникновение в модели ситуации столкновения поездов, но и обеспечивает учет задержки поездов из-за занятости элементов путевого развития.

Данные о занятости (в том числе и в результате задержек) элементов путевого развития поездами, маневровыми составами или локомотивами предлагается записывать в строковые переменные, соответствующие этим элементам. В момент окончания имитационного прогона значения этих переменных удобно экспортировать во внешний файл для дальнейшего анализа и, в частности, автоматического построения суточного плана-графика работы железнодорожной станции.

Литература:

1. Багинова В.В., Рахмангулов А.Н., Осинцев Н.А. Контроль вагонопотоков на пути необщего пользования // Мир транспорта, 2010. №3. – С. 108-113.

2. Осинцев Н.А., Рахмангулов А.Н. Оценка резервов пропускной и перерабатывающей способности технологических железнодорожных станций с использованием теории нечетких множеств // Вестник транспорта Поволжья, 2011. №1. – С. 45а-49.

3. Рахмангулов А.Н., Мишуров П.Н. Типизация промышленных железнодорожных станций // Современные проблемы транспортного комплекса России. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. №2. – С. 143-151.

4. Багинова В.В., Рахмангулов А.Н., Мишкuroв П.Н. Методика оценки организационной структуры оперативного управления вагонопотоками на путях необщего пользования / Транспорт: наука, техника, управление, 2012. №2. – С. 19-22.

5. Трофимов С.В., Рахмангулов А.Н. Выбор оптимальных методов оперативного управления работой промышленных транспортных систем: Монография. - Магнитогорск: МГТУ им. Г.И.Носова, 2000. – 145 с.

6. Трофимов С.В., Рахмангулов А.Н., Корнилов С.Н. Методы развития систем промышленного железнодорожного транспорта в изменяющихся условиях деятельности предприятий: Монография. – Магнитогорск: МГТУ им. Г.И. Носова, 2004. – 235 с.

7. Гавришев С.Е., Дудкин Е.П., Корнилов С.Н., Рахмангулов А.Н., Трофимов С.В., Транспортная логистика: Учеб. пособие. -С-Пб.: ПГУПС, 2003. – 279 с.

References:

1. Baginova V.V, Rakhmangulov A.N., Osintsev N.A. Control of traffic volumes on a way of not general using // The Transport World, 2010. №3. - 108-113.

2. Osintsev N.A., Rakhmangulov A.N. Estimation of reserves of throughput and processing ability of technological railway stations with use of the theory of indistinct sets // Transport of the Volga region Bulletin, 2011, № 1. - 45a-49.

3. Rakhmangulov A.N., Mishkurov P. N. Typification of industrial railway stations // Modern problems of a transport complex of Russia: Interuniversity collection of proceedings - Magnitogorsk: Publishing house Magnitogorsk State Technical University n.a. G.I.Nosov, 2012. №2. – 143-151.

4. Baginova V.V., Rakhmangulov A.N., Mishkurov P. N. A technique of an estimation of organizational structure of an operational administration traffic volumes on ways of not general using / Transport: a science, technics, management, 2012. №2. – 19-22.

5. Trofimov S.V., Rakhmangulov A.N. Choice of optimum methods of an operational administration work of industrial transport systems: the Monography. - Magnitogorsk: MGTU of G.I.Nosova, 2000. – 145 p.

6. Trofimov S.V., Rakhmangulov A.N., Kornilov S.N. Industrial railway transportation development methods in changing conditions of enterprises activity: Monography. - Magnitogorsk: MSTU, 2004. - 235 p.

7. Gavryshev S.E., Dudkin E.P., Kornilov S.N., Rakhmangulov A.N., Trofimov S.V. Transportnaya logistica: Stud. allowance. – SPb.: PGUPS, 2003. – 279 p.