

ТИПОВЫЕ МОДУЛИ ИМИТАЦИОННОГО РАСЧЕТА КРУПНЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ УЗЛОВ

Петров А.С., Дмитриев Е.О., Николаев К.Ю.

Институт экономики и развития транспорта,

Россия, г. Москва, ул. Новорязанская д.24

petrov.alexey1@gmail.com, dmitrievgr@mail.ru, constantsurety@gmail.com

Аннотация: Предложена методика разработки типовых модулей имитационного расчета крупных железнодорожных узлов в виде вектор-функций в системе ИМЕТРА. Рассмотрены четыре категории типовых модулей по характеру работы железнодорожных станций и развязок. Актуализированы зависимости надёжности работы и задержек на односторонней сортировочной станции.

Ключевые слова: имитационное моделирование, железнодорожные узлы, надёжность, управление потоками, ИМЕТРА.

Введение

Основным инструментом решения задач по получению значений параметров железнодорожных узлов является использование имитационных систем моделирования. Вместе с тем, необходимость ввода значительного количества исходной информации инженером-технологом требует повышения эффективности этого процесса, и поэтому разработка типовых модулей, облегчающих работу с имитационными системами, актуальна.

За последние годы в направлении применения имитационных систем моделирования проведена значительная работа. В результате созданы современные решения поставленных задач, а именно имитационная система ИМЕТРА. Распоряжением [8] утверждена Методика проведения исследования проектов развития железнодорожных станций с использованием аппарата математического моделирования.

Целью имитационного моделирования работы крупных железнодорожных узлов является обоснование инвестиций для обеспечения перевозочного процесса на различных этапах эксплуатации. Для достижения данной цели решаются задачи развития инфраструктуры и технологии работы узла. При сравнении вариантов развития имитационное моделирование может быть применено на предпроектной стадии разработки мероприятий, которые не имеют необходимости в

точном, структурном моделировании такой сложной структуры, как узел. В условиях текущей эксплуатации требуется совершенствование технологии работы узла при сохранении существующего путевого развития, а также разработки функциональных зависимостей параметров перевозочного процесса при различной конфигурации потоков поездов.

Для формализации процесса разработки модели железнодорожного транспортного узла требуется разработать типовые модули имитационной системы. В работе решается задача разработки методологических принципов создания типовых модулей, включающих в себя функциональную структуру и технологию работы.

Основным структурным элементом типового модуля является парк железнодорожной станции, представленный бункером (n), характеризующийся рядом параметров, представляемых в виде вектор-функции.

$$(1) R_{\text{бунк}}(n) = A_1(x_1 \dots x_k(e; lok; br)) + A_2(c_1; c_2(ch)) + A_3(nz_1 \dots nz_x(e))$$

где $A_1(x_1 \dots x_k(e; lok; br))$ – группы путей парка (n), объединённых общей горловиной, характеризующихся суммарной ёмкостью (e), наличием бригад пункта технического обслуживания (br) и локомотивом (lok); $A_2(c_1; c_2(ch))$ – количество каналов (ch) в горловинах ($c_1; c_2$); $A_3(nz_1 \dots nz_x(e))$ – ёмкость путевого развития (e), предназначенная для работы с определённой категорией поездов по типу, длине, назначению плана формирования ($nz_1 \dots nz_x$).

Бункеры между собой соединяются с помощью соединений (перегон, соединительные пути).

$$(2) R_{\text{соед}}(l) = A_1(kl(d))$$

где $A_1(kl(d))$ – соединение (l), характеризующееся количеством каналов (d) и направлением движения по ним (kl).

Технология работы станций определяется на основе технологического процесса их работы методом формализации его элементов, основывающемся на укрупнении однородных групп операций (операции перемещения и без перемещения). Операция технологической цепочки в модели описывается вектор-функцией одной скалярной переменной:

$$(3) R_{\text{техн}}(t) = A_1(x_1(p; k); x_2) + A_2(t) + A_3(v) + A_4(b) + A_5(n_1; n_2; \dots; n_n)$$

где $A_1(x_1(p; k); x_2)$ – орта, описывающая маршрут перемещения транспортной единицы или её дислокации, где $x_1(p; k)$ – множество парков станции (p), входящих в маршрут следования, и каналов в горловинах парков (k); x_2 – множество соединительных путей и перегонов; $A_2(t)$ – орта времени (t) занятия элементов или выполнения операции A_j ; $A_3(v)$ – орта локомотивов, используемых для перемещения, вида (v); $A_4(b)$ – орта бригад ПТО вида (b), обслуживающих транспортную единицу; $A_5(n_1; n_2; \dots; n_n)$ – орта назначений (n) (видов поездов разной нормы длины).

Операции технологической цепочки перемещения имеют следующее описание вектор-функцией:

$$(4) R_{\text{пер}}(t) = A_1(x_1(p; k); x_2) + A_2(t) + A_3(v) + A_5(n_1; n_2; \dots; n_n)$$

Операции без перемещения имеют следующее описание вектор-функцией:

$$(5) R_{\text{б.пер}}(t) = A_1(x_1(p); x_2) + A_2(t) + A_3(v) + A_4(b) + A_5(n_1; n_2; \dots; n_n)$$

Элементы технологической цепочки характеризуют возможные условия, имитирующие диспетчерское руководство – управление очередями.

Сортировочная (участковая) станция в модели представляется в виде системы, включающей в себя следующие бункерные элементы $R_{\text{бунк}}(n)$: $R_{\text{бунк}}(1)$ парк приёма (ПП), $R_{\text{бунк}}(2n)$ – сортировочная горка (СГ), $R_{\text{бунк}}(3)$ – сортировочный парк (СП), $R_{\text{бунк}}(4)$ – вытяжные пути формирования (ВФ) и $R_{\text{бунк}}(5)$ – парк отправления (ПО) на станциях с продольным расположением парков также в схему модели включаются вытяжные тупиковые пути для перестановки составов из ПП на СГ ($R_{\text{бунк}}(6)$) или СП в ПО ($R_{\text{бунк}}(7)$). Моделирование транспортных железнодорожных узлов неразрывно сопряжено с выделением развязок и соединительных ветвей. Поэтому они отнесены к отдельной группе типовых модулей.

Для типовой пассажирской станции будут характерны бункерные элементы $R_{\text{бунк}}(n)$: $R_{\text{бунк}}(1)$ – пассажирский парк с перронными путями для поездов дальнего следования (ППД) и $R_{\text{бунк}}(2)$ – технический парк для обслуживания и отстоя составов ПДС – являются комплексом обслуживания поездов дальнего следования. $R_{\text{бунк}}(3)$ – пригородный парк и $R_{\text{бунк}}(4)$ – парк отстоя для пригородных поездов – являются комплексом обслуживания пригородных поездов. Если станция обслуживает и грузовое движение, то возможно добавление транзитного парка для грузовых поездов – $R_{\text{бунк}}(5)$.

Типовой модуль припортовой станции включает в себя: приём-отправочные парки $R_{\text{бунк}}(1-2)$, где происходит приём/отправление поездов категорий ($nz_1 \dots nz_x$), осмотр $A_1(b)$ и приём-сдаточные операции $A_2(b)$, имеются горловины ($c_1; c_2$), занимаемые во время маневровых операций $A_{16}(x_1(p; k); x_2)$

маневровыми локомотивами $A_I(v)$; районные парки $R_{бунк}(3-4)$ для более детальной подборки подач вагонов на ряд путей необщего пользования $R_{бунк}(5-9)$, с характеристиками $A_6(t)$ и $A_6(n_I)$. Бункеры $R_{бунк}(1-4)$, обладают $x_1...x_k(e;lok;br)$, $c_1;c_2(ch)$, $nz_1...nz_{11}(e)$, бункеры $R_{бунк}(5-9)$ имеют $x_1(e;lok)$, а также $c_1(ch)$ и $nz_x(e)$. При этом система расформирования и формирования поездов включает в себя элементы сортировочного модуля – $R_{бунк}(10)$ сортировочная горка (СГ), $R_{бунк}(11)$ сортировочный парк (СП), и $R_{бунк}(12)$ вытяжные пути формирования (ВФ).

В целях решения задачи по определению надёжности работы комплекса расформирования (H) и задержек (t_3), возникающих при различных конфигурациях входящего потока в расформирование и формируемого потока, проведён ряд экспериментов. Также получены зависимости для модели, включающих развязку противоположно направленных потоков в одном уровне на подходе к сортировочной станции.

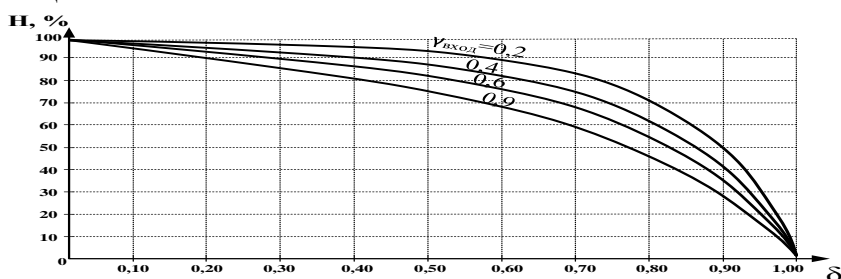


Рис. 1. Номограмма для определения надёжности (H) работы комплекса расформирования в зависимости от коэффициента занятости по времени путей парка приёма (δ) и загрузки входного участка $\gamma_{вход}$ (с развязкой противоположно направленных потоков в одном уровне на подходе)

Выводы

Изменение объёмов перевозок на сети железных дорог России вызывает необходимость проработки вариантов развития инфраструктуры крупных железнодорожных узлов и сравнение вариантов изменения технологии работы узла. Средством решения данных задач на различных этапах эксплуатации является имитационное моделирование посредством системы ИМЕТРА. В работе предложена методика разработки типовых модулей имитационного расчета крупных железнодорожных узлов с описанием структуры и технологии работы модели в виде вектор-функций. Рассмотрены четыре типа типовых модулей: сортировочная (участковая), пассажирская, припортовая (грузовая) станции, а также развязки и соединительные ветви. Выполнена актуализация зависимостей надёжности работы комплекса расформирования и задержек на односторонней сортировочной станции. Основной научный вклад работы заключается в разработке типовых модулей имитационного расчета крупных железнодорожных узлов и нахождении новых расчётных зависимостей, полученных посредством имитационного моделирования. Полученные результаты внедрены при разработке Инструктивных указаний по организации вагонопотоков [10].

Двойственную технико-технологическую природу узла (подразделения железнодорожной сети) характеризуют, с одной стороны, компоненты типовой инфраструктуры и железнодорожных операций и, с другой стороны, уникальные технико-технологические особенности. В работе предложено усовершенствование процесса разработки и отладки моделей сложных узлов с помощью компоновки типовых модулей из конструктора и последующей настройки технологических процессов с учетом индивидуальных особенностей работы узла, что позволяет ускорить разработку модели и повысить её качество. Моделирование управления продвижением потоков в модели будет рассмотрено в самостоятельной публикации.

Литература

1. Козлов П.А., Колокольников В.С., Сорокин В.И. Совместное использование аналитических методов и имитационных моделей. – Транспорт Урала, 2016. - № 3. – С. 3 – 8.
2. Под ред. Скалова К.Ю., Стефаненко М.Н., Попова Н.Ф. Транспортные узлы (Определение мощности устройств). – М.: Транспорт, 1985. – 200 с.
3. Правдин Н.В., Банек Т.С., Негрей В.Я. и др. Железнодорожные станции и узлы (задачи, примеры, расчеты) – М.: Транспорт, 1984. – 296 с.
4. Маслов А.М. Техничко-технологические параметры функционирования грузовых станций железнодорожного транспорта в условиях стохастического характера вагонопотока диссертация
5. Лецинский Е. Имитационное моделирование на железнодорожном транспорте. – М.: Транспорт, 1977.– 176 с.

6. *Бородин А.Ф.* Эффективно использовать станционные мощности. // Железнодорожный транспорт, 2006. - № 6. – С. 37–43.
7. *Козлов П.А., Набойченко И.О.* Исследование на макромодели полигона при организации тяжеловесного движения. – Моделирование транспортных процессов, 2016. - № 1. – С. 104 – 109.
8. Методика проведения исследований проектов развития железнодорожных станций и линий с определением «узких мест», влияния на пропускные и перерабатывающие способности, рациональной технологии и прогнозируемых эксплуатационных показателей с использованием аппарата математического моделирования / ОАО «РЖД»: [Утверждена распоряжением ОАО «РЖД» N 2р от 09.01.2018 г.]. – М., 2018. – 75 с.
9. *Козлов П.А., Тушин Н.А., Пермикин В.Ю., Слободянюк И.Г.* Технология макромоделирования транспортных узлов. – Транспорт Урала, 2014. - № 3. – С. 3 – 6.
10. Инструктивные указания по организации вагонопотоков на железных дорогах ОАО «РЖД» / Утверждены распоряжением ОАО «РЖД» N 2872р от 29.12.2018 г. [Текст]. М., 2018. – 548 с.