

УДК 656.212.7

Исмагулова Жулдыз Сауелхановна – к.т.н., доцент (г. Алматы, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М.Тынышпаева)

Асылбек Таңшолпан Тынышбекқызы – магистрант (г. Алматы, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М.Тынышпаева)

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ГРУЗОВОЙ СТАНЦИИ С ПОМОЩЬЮ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

Имитационное моделирование является важным инструментом в изучении работы железнодорожных станций. Применение компьютерных моделей позволяет существенно сократить затраты инженерно технического труда на выполнение расчетов и проверить условия работы станции не при одном, а при многих вариантах технологических и технических оснащений, и получить более общий и более надежный результат. В настоящий момент существует большое количество различных программ, выполняющих данную функцию, при этом каждая из них имеет свои особенности. Разработанная имитационная модель обладает рядом преимуществ:

- компьютерная модель является универсальной и подходит для исследования работы разных по назначению и объемам работы станций;
- программа имеет простой в обращении интерфейс, не требующий большого количества времени для изучения;
- результаты моделирования отображаются в табличной форме и в виде графиков на любое количество суток;
- результаты моделирования можно сохранять в виде рисунков и таблиц для дальнейшей обработки, анализа и контроля;
- программа является портативной и не требует установки.

Грузовая железнодорожная станция — отдельный пункт сети железных дорог, выполняющий грузовые и коммерческие операции с грузами и грузовыми вагонами, связанные с приёмом к перевозке, взвешиванием, хранением, погрузкой, выгрузкой, сортировкой и выдачей грузов, переработкой контейнеров, оформлением перевозочных документов, формированием передаточных грузовых поездов и отправительских маршрутов, производством маневровой работы по подаче вагонов на грузовые фронты и их уборке, а также с другими техническими операциями.

Грузовые станции предназначены для массовой погрузки и выгрузки грузов. Эти станции расположены в крупных промышленных и населенных пунктах, а также портах и в зависимости от назначения подразделяются на станции общего пользования (неспециализированные), специализированные, перегрузочные и портовые.

При осуществлении перевозок, в зависимости от характера и требований к технологии выполнения грузовых операций, грузовые железнодорожные станции специализируются на:

- погрузочные — при массовой погрузке;
- выгрузочные — при массовой выгрузке;
- перегрузочные — при перегрузке с одного вида транспорта на другой.

Станции общего пользования служат для погрузки и выгрузки всех видов грузов. Их сооружают на окраинах городов в пунктах, соединенных железной дорогой с сортировочной станцией и автомобильными дорогами — с промышленными районами города. Эти станции выполняют операции, связанные как с прибытием грузов (прием поездов с сортировочной станции, технический и коммерческий осмотр вагонов, расформирование поездов, подача вагонов по точкам выгрузки, выгрузка, хранение грузов, оформление перевозочных документов, выдача груза получателю, уборка вагонов

с места выгрузки и их очистка), так и с отправлением грузов (их прием от отправителя, оформление документов на перевозку, хранение груза, погрузка в вагоны, уборка вагонов, формирование поездов и отправление их на сортировочную станцию).

Управление перевозками включает в себя множество различных аспектов, таких как: планирование и организация перевозок и технического обслуживания автопарка, управление человеческими ресурсами, а также управление рисками. При помощи AnyLogic можно решить эти вопросы, а значит решить и главную задачу управления перевозками. Использование имитационного моделирования позволяет определить максимальную загрузку транспортных средств, минимизировать расходы на перевозки, а также вычислить вероятность превышения расходов. При помощи моделирования можно разыграть различные схемы транспортировки и управления автопарком, чтобы выявить и предотвратить возможные проблемы [1].

Железнодорожная библиотека позволяет эффективно моделировать и визуализировать функционирование железнодорожных узлов и железнодорожных транспортных систем любого уровня сложности и масштаба. Сортировочные станции, пути погрузки/разгрузки больших предприятий, железнодорожные станции и вокзалы, станции метрополитена, шаттлы аэропортов, пути на контейнерных терминалах, движение трамваев и даже рельсовая транспортировка в угольных шахтах - все эти задачи могут быть легко и точно промоделированы с помощью Железнодорожной библиотеки.

Железнодорожная библиотека интегрирована с другими библиотеками AnyLogic - Библиотекой моделирования процессов и Пешеходной библиотекой, что позволяет соединять железнодорожные модели с моделями, более детально рассматривающими движение грузовиков, кранов, кораблей, моделями пассажиропотоков, производственных и бизнес-процессов и т.д.

Железнодорожная библиотека поддерживает детализированное моделирование высокой точности (индивидуальные размеры вагонов, точная топология путей и стрелок, ускорение и замедление поездов), но это моделирование имеет высокую динамику в исполнении, что может быть важно при оптимизации в поисках лучшей стратегии [2].

Двумя основными входными составляющими железнодорожной модели являются топология железнодорожной сети и операционная логика железнодорожного узла.

Топология железнодорожного узла (это может быть сортировочная станция, пути погрузки/разгрузки и т.д.) состоит из специальных элементов разметки пространства, разработанных для моделей железной дороги: путей, стрелок и элементов, задающих смещение на пути (точка ж/д пути). Вы можете как нарисовать эти фигуры вручную в графическом редакторе, так и создать их программно, считав данные из базы данных.

Железнодорожная библиотека поддерживает очень простой высокоуровневый интерфейс задания операций железнодорожного узла. Библиотека содержит семь объектов:

-TrainSource; TrainDispose; TrainMoveTo; TrainCouple; TrainDecouple; TrainEnter; TrainExit.

С помощью этих объектов вы можете выполнять любые операции с поездами и вагонами без необходимости писать программный код. Более того, диаграммы процессов железнодорожного узла могут включать в себя объекты Библиотеки моделирования процессов, такие, как Delay, SelectOutput, Hold, Seize, Release, Queue, и т.д. Это означает, что теперь операционная логика железнодорожных узлов может быть полностью задана графически простым перетаскиванием объектов (в стиле drag-and-drop).

Железнодорожная библиотека поддерживает детализированное моделирование высокой точности (индивидуальные размеры вагонов, точная топология путей и стрелок, ускорение и замедление поездов), но это моделирование имеет высокую динамику в исполнении, что может быть важно при оптимизации в поисках лучшей стратегии [3].

Двумя основными входными составляющими железнодорожной модели являются топология железнодорожной сети и операционная логика железнодорожного узла.

Исходными данными для имитационного моделирования являются:

- количество прибывающих на станцию грузовых поездов $N^{ГР}$
- (только грузовые поезда будут обрабатываться в парке приема);
- доля грузовых поездов каждой категории: поступающих в расформирование; со сменой локомотива; со сменой локомотивных бригад;
- продолжительность обработки поездов каждой категории в парке приема $t_{обр.}$ (величина, зависящая от общего количества вагонов в составе, количества неисправных вагонов в составе, количества бригад ПТО в парке);
- продолжительность расформирования грузовых поездов на сортировочной горке (величина, зависящая от общего количества вагонов в составе, перерабатывающей способности горки);
- количество пассажирских (среди них пригородные) поездов (пассажирские поезда не обрабатываются в парке приема, однако их пропуск влияет на свободу прилегающих перегонов);
- средний интервал прибытия поездов на станцию. Это значение определяется с учетом коэффициентов съема поездами различных категорий, количества поездов различных категорий по формуле

$$I_{\text{ср}} = \frac{1440}{N_{\text{сут}}^{\text{ГР}} + N_{\text{пасс}} \cdot E_{\text{пасс}} + N_{\text{приг}} \cdot E_{\text{приг}}} \quad (1)$$

где $N_{\text{сут}}^{\text{ГР}}$ – количество

$N_{\text{пасс}} / N_{\text{приг}}$ – количество соответственно пассажирских и пригородных поездов;

$E_{\text{пасс}} / E_{\text{приг}}$ – коэффициент съема соответственно пассажирскими и пригородными поездами.

При моделировании процесса прибытия поездов на технические станции интервал между поступающими поездами, как величина случайная, определялся по формуле

$$I_i = I_{\text{min}} = \frac{I_{\text{ср}} - I_{\text{min}}}{k} \ln\left(\prod_{i=1}^k x_i\right) \quad (2)$$

где I_{min} – минимально допустимый интервал между прибывающими на станцию поездами, мин;

$\ln\left(\prod_{i=1}^k x_i\right)$ – значение натурального логарифма от произведения случайных чисел, где k – параметр Эрланга (параметр k зависит от мощности входящего на станцию вагонопотока).

Внешний вид программы представлен на рисунках 1–3. Форма имеет три вкладки: параметры модели, график и журнал. На вкладке «параметры» (рисунок 1) указывают параметры потока поездов, характеристики параметров обслуживания, количество путей в приемоотправочном парке. После применения параметров и выполнения самого процесса моделирования на основе разработанного алгоритма автоматически происходит построение графика обработки поездов на весь заданный период моделирования (рисунок 2). Полученный результат можно сохранить в виде рисунка на каждые сутки.

Проблемы повышения эффективности технологии и организации перевозок на различных видах транспорта

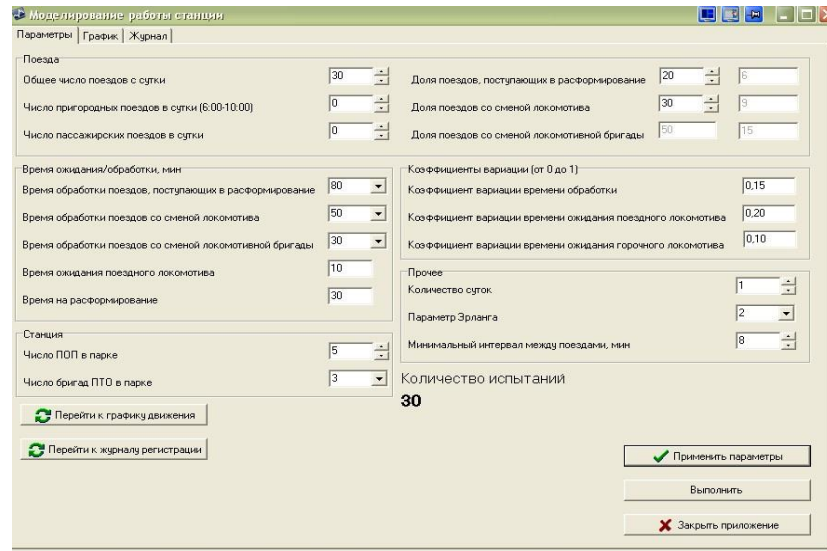


Рисунок 1 - Окно «Параметры», программы «Моделирование работы станции»

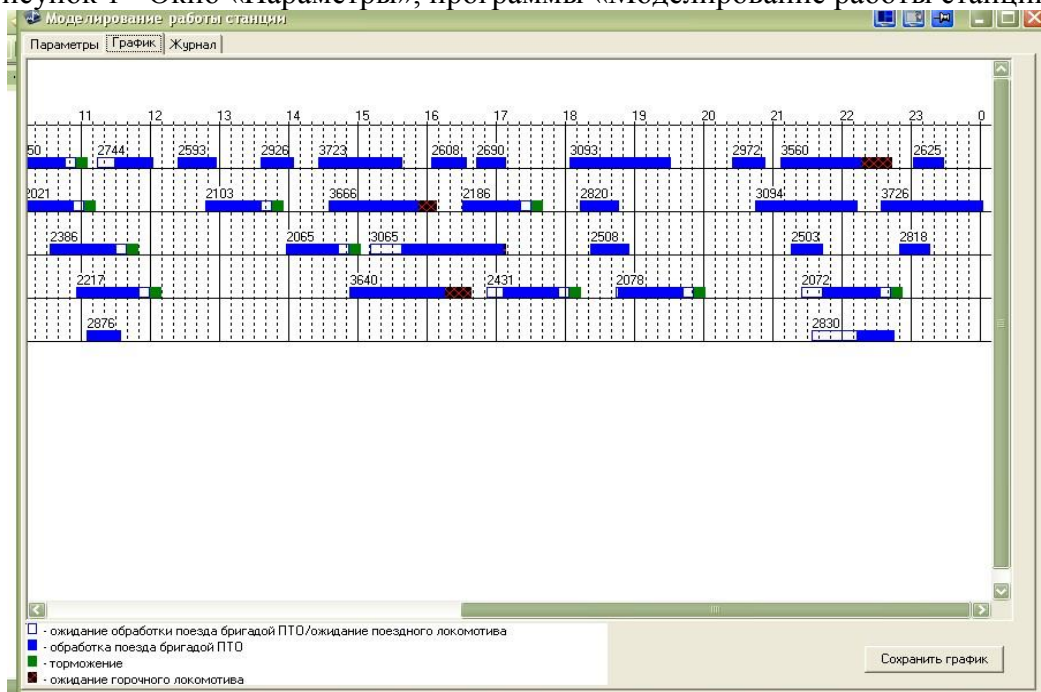


Рисунок 2 - График обработки грузовых поездов в парке прибытия участковой станции

На графике разными цветами обозначены основные технологические элементы:

- ожидание обработки поезда бригадой ПТО;
- ожидание поездного локомотива;
- обработка поезда бригадой ПТО;
- полная проба тормозов;
- ожидание горочного локомотива.

№ суток	№ поезда	время прибытия	время отправления	итоговое время	время ожидания	вр.ож.бригады ПТО	вр.ож.гор.локо-ва
1 сутки	2447	09:45	10:59	01:14	00:20	00:00	00:00
1 сутки	2407	10:47	11:53	01:06	00:20	00:00	00:00
1 сутки	2561	10:55	11:26	00:31	00:00	00:00	00:00
1 сутки	2137	11:03	12:31	01:28	00:43	00:23	00:00
1 сутки	3023	11:11	12:57	01:46	00:22	00:22	00:00
1 сутки	3772	11:26	13:42	02:16	00:45	00:45	00:00
1 сутки	3956	12:15	14:12	01:57	00:43	00:42	00:01
1 сутки	2659	14:05	14:31	00:26	00:00	00:00	00:00
1 сутки	3161	14:13	15:40	01:27	00:00	00:00	00:00
1 сутки	2056	14:29	15:48	01:19	00:22	00:02	00:00
1 сутки	2939	15:27	15:56	00:29	00:01	00:01	00:00
1 сутки	3399	15:56	17:20	01:24	00:00	00:00	00:00
1 сутки	2091	16:57	17:26	00:29	00:00	00:00	00:00
1 сутки	2340	17:05	18:37	01:32	00:35	00:15	00:00
1 сутки	2911	17:25	17:53	00:28	00:01	00:01	00:00
1 сутки	2012	17:33	18:21	00:48	00:20	00:20	00:00
1 сутки	2622	17:49	18:46	00:57	00:28	00:28	00:00
1 сутки	2944	20:23	20:52	00:29	00:00	00:00	00:00
1 сутки	3509	20:55	22:17	01:22	00:00	00:00	00:00

Введите имя Excel-файла: _____ Среднесуточное значение: 32:58 06:54 03:53 00:01
 Журнал Экспортировать в Excel Среднее время: 01:05 00:14 00:08 00:00

Рисунок 3 - Протокол работы модели, отображаемый на вкладке «Журнал»

На основе графика составляется таблица поступления поездов на станцию. В таблице отображаются следующие значения:

- номер суток моделирования;
- номер поезда;
- время прибытия поезда;
- время отправления поезда;
- общее время нахождения поезда в парке;
- общее время ожидания;
- время ожидания бригады ПТО;
- время ожидания горочного локомотива (для поездов, поступающих в расформирование);
- среднее время нахождения поезда в парке;
- среднее время ожидания;
- среднее время ожидания бригады ПТО;
- проблемы повышения эффективности технологии и организации перевозок на различных видах транспорта
- среднее время ожидания горочного локомотива одним поездом (для поездов, поступающих в расформирование);
- среднесуточное время занятия всех путей;
- среднесуточное время ожидания всеми грузовыми поездами;
- среднесуточное время простоя грузовых поездов по причине занятости бригады ПТО;
- среднесуточное время простоя грузовых поездов по причине занятости горочного локомотива [4].

Полученные результаты можно сохранять и обрабатывать с помощью программы Anylogic.

Выводы. В статье представлено описание, достоинства и основные особенности разработанной компьютерной программы, имитирующей работу железнодорожных грузовых станций.

Представленная компьютерная модель подходит для изучения разнообразных участковых, сортировочных, грузовых, пассажирских и промежуточных станций. Использование данной программы на станциях позволит определить необходимую потребность технических и технологических параметров при изменении общего количества поездопотоков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Типовой технологический процесс работы грузовой станции [Текст] / МПС СССР. - М.: Транспорт, 1976. - 316 с.
2. Кагадий, И. Н. Использование метода имитационного моделирования в местной работе железнодорожных станций [Текст] / И. Н. Кагадий // Материалы XI междунар. науч.-практ. конф. «Транспортная инфраструктура Сибирского региона» / Иркутский гос. ун-т путей сообщения. - Иркутск, 2015. - Т. 1. - С. 96.
3. Кагадий, И. Н. Системная динамика функционирования грузовой станции [Текст] // Материалы междунар. науч.-практ. конф. «Транспортный комплекс в регионах: опыт и перспективы организации движения». - 2015. - № 1. - С. 226.
4. Электронный ресурс <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-gruzovoy-raboty-stantsii-vo-vzaimodeystvii-s-putyami-neobschego-polzovaniya>