

# Моделирование процесса обращения контейнерных поездов в структуре сухого порта с применением технологии «блок-трейн»



**М. О. Мальхин,**  
генеральный директор  
ООО «Имекс»



**А. В. Кириченко,**  
д-р техн. наук,  
профессор, заведующий  
кафедрой Портов  
и грузовых терминалов  
Государственного  
университета морского  
и речного флота  
им. адмирала  
С. О. Макарова

Применение сухих портов уже показало свою эффективность как в мировой практике, так и в России. К настоящему времени назрела необходимость в определении рационального количества подвижного состава для обеспечения бесперебойного транспортного сообщения между фронтальным и тыловым контейнерными терминалами, а также последующей оптимизации затрат. Одним из методов решения данной задачи является имитационное моделирование. В предлагаемом исследовании модель была построена при помощи программного продукта AnyLogic.

**И**нтеграция России в мировую экономику с каждым годом увеличивает рост экспортно-импортного товарооборота. Большинство российских морских портов, располагающих контейнерными терминалами, практически полностью исчерпали свои пропускные способности.

Одним из главных препятствий развитию портовых мощностей является расположение терминалов внутри круп-

ных городов, что создает естественное ограничение по расширению портовой инфраструктуры. К явным недостаткам внутригородского расположения можно отнести также резко негативный экологический фактор, обусловленный тем, что вывоз и завоз груза в порт происходит через городскую черту, как правило, грузовым автотранспортом.

Помимо географического фактора пропускная способность терминалов



ФОТО: СЕРГЕЙ ТЮРИН

снижается за счет длительного хранения импортных и экспортных грузов на фронтальных площадках при прохождении таможенного оформления.

Кроме того, как показывает практика, когда нет возможности расширения фронтальных площадей, стивидоры для поддержания существующей пропускной способности вынуждены отказывать клиентам в таких услугах, как расформирование сборных контейнеров, или, наоборот, в консолидации партий.

Строительство замещающих портовых мощностей вне городской черты является дорогостоящим и трудным проектом не только в технологическом, но и в социальном плане, поскольку при загородном расположении новых терминалов необходимо их устойчивое обеспечение рабочей силой.

Одним из способов, позволяющих решить перечисленные проблемы, является ввод в эксплуатацию тыловых терминалов, или, как их принято называть, сухих портов, выведенных за предел городской черты. Впервые данные решения были применены в Западной Европе в середине прошлого века с целью отведения грузопотоков от разрушенных портовых мощностей. Применение сухих портов уже показало свою эффективность как в мировой практике, так и в России. В качестве примера можно назвать терминал в Шушарах, который является тыловой площадкой ЗАО «Первый Контейнерный Терминал».

Применение технологии «сухой порт» позволяет морскому терминалу выполнять исключительно транзитную или перевалочную функцию. Хранение грузов в ходе проведения таможенного оформления, а также операции по консолидации выполняет тыловой терминал. Таким образом, он может функционировать в качестве дистрибьюторского центра.

Применение понятия «сухой порт» имеет ряд требований по отношению к грузовому терминалу:

- единый оператор с фронтальным терминалом;
- обязательное наличие железнодорожного сообщения между двумя терминалами;
- упрощенная таможенная процедура по перемещению контейнеров между фронтальным и тыловым комплексом;
- гармонизированная система управления грузопотоком фронтального и тылового терминала.

Данное решение имеет существенный недостаток: введение в эксплуатацию тылового терминала образует дополнительное транспортное звено, посредством которого контейнеры доставляются с фронтального на тыловой терминал. Соответственно, возникают дополнительные затраты, которые возмещаются за счет оператора логистического комплекса.

Технологические проблемы составляют стыковка различных видов транспорта в сухом порту, а также бесперебойное транспортное сообщение между фронтальным и тыловым терминалами. Введение в цепочку доставки грузов нового плеча перевозки, проведение лишних грузовых операций создают дополнительную стоимость перевозки грузов, которая отражается на стоимости услуг оператора и на конечном потребителе. Есть два возможных пути снижения добавочной стоимости: сокращение расходов оператора терминала при оптимизации использования дорогих прибрежных площадей (отпадает необходимость площадки долговременного хранения контейнеров на морском терминале); оптимизация расходов на организацию транспортного сообщения между фронтальным и тыловым терминалами. Необходимо разработать научно обоснованные методы указанной оптимизации.

В России выполнен ряд прикладных исследований, касающихся работы сухих портов. В качестве основного метода в этих работах принято имитационное моделирование.

Первая группа исследований относится к проблемам технологического проектирования морских портов. Так, в работах А. Л. Кузнецова, М. Н. Горынцева и других [1–3] морской порт рассматривается как макрообъект, пропускная способность которого определяется на основе суперпозиции состояний его элементов. Следовательно, производные модели не дают возможность принимать эксплуатационные решения в звене «морской терминал – тыловой терминал».

Локальные модели, разработанные методом имитационного моделирования, относятся к вновь строящемуся порту Тамань (в частности, имитируется работа подходного канала), где проблема сухого порта не является актуальной.

Вторая группа исследований выполнена железнодорожниками и напря-

мую касается проблемы именно сухих портов, как в работе Ю. Н. Пановой [4]. Предложено вероятностное описание работы технологических участков контейнерных терминалов методом дискретно-событийного имитационного моделирования в программной среде AnyLogic. Однако основное внимание было уделено взаимодействию с автомобильным транспортом (в качестве лимитирующего звена контейнерного терминала был выбран контрольно-пропускной пункт).

К настоящему времени назрела необходимость в определении рационального количества подвижного состава для обеспечения дополнительного транспортного звена и последующей оптимизации затрат при покупке или аренде подвижного состава и его дальнейшей эксплуатации.

Одним из методов решения данной задачи является имитационное моделирование. В исследовании модель была построена при помощи программного продукта AnyLogic.

Данный продукт позволяет создавать модели с помощью набора активных элементов, моделирующих объекты реального мира, и экспериментов, задающих настройки запуска модели. Программное обеспечение основано на языке программирования Java и поддерживает три известных метода моделирования:

- системная динамика;
- дискретно-событийное моделирование;
- агентное моделирование.

Функционирование любой транспортной системы представляется как хронологическая последовательность событий. Моделирование такой системы относится к дискретному.

Были поставлены следующие цели моделирования:

- определение режима работы транспортного звена;
- определение количества подвижного состава;
- совершенствование технологии перевозки «блок-трейн».

В качестве исходной информации для моделирования были выбраны имеющиеся статистические данные по импортному грузопотоку между ЗАО «Первый Контейнерный Терминал» и терминалом в Шушарах, а также данные по условиям движения железнодорожных составов на участке «железнодорожная станция Автово –

железнодорожная станция Шушары» Октябрьской железной дороги. В модели рассматривается применение технологии железнодорожных перевозок «блок-трейн», что подразумевает наличие выделенных ниток графика движения поездов и сокращение времени осмотра состава на железнодорожных станциях.

Алгоритм работы данной модели задается при помощи стандартизированных блоков и настраивается имеющи-

мися способами или при помощи языка Java (рис. 1).

Первый блок Source моделирует поступление заявок в систему, т. е. входной поток контейнеров. В данной модели они поступают согласно закону экспоненциального распределения.

Ввод исходных данных проходит в окне запуска эксперимента, значения могут быть изменены.

Модельным временем является минута. Ускоренный режим работы модели

позволяет за несколько минут прогнать эксперимент, соответствующий одному календарному месяцу.

Визуализация модели происходит в режимах 2D и 3D, что позволяет наглядно показать работу данного транспортного звена.

Результаты моделирования представляются в цифровой и графической форме (рис. 2, 3).

Важнейшим фактором при проведении эксперимента с применением моделирования является адекватность модели. Адекватность разработанной модели определяется тем, что ее поведение совпадает с описанием поведения объекта исследования, а результаты, полученные в ходе моделирования с известными ранее условиями, совпадают с достигнутыми на практике.

Таким образом, получены следующие данные: максимальной пропускной способностью при условии соблюдения заданных ограничений и вероятностных характеристик данного звена является 134 40-футовых морских контейнеров в сутки в импортном направлении. В сутки проходят два состава «блок-трейн». Для обеспечения перевозки данного грузопотока необходимо взять в аренду или приобрести в собственность 289 железнодорожных фитинговых платформ.

Используя эмпирический коэффициент запаса на случай неисправности, можно определить реальное количество необходимого подвижного состава.

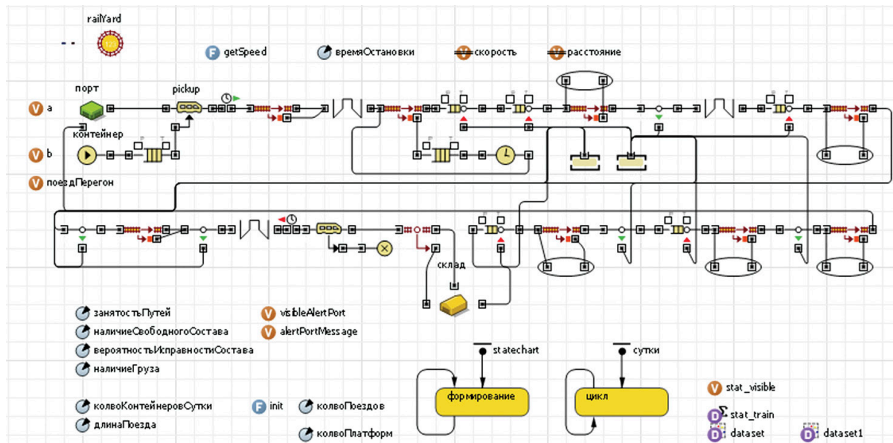


Рис. 1. Общий вид блок-схемы алгоритма модели

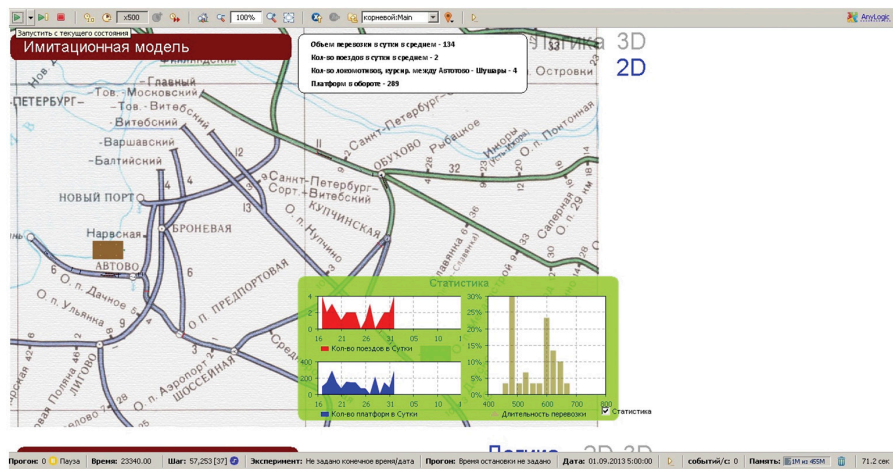


Рис. 2. Экранная форма результата вычислительного эксперимента

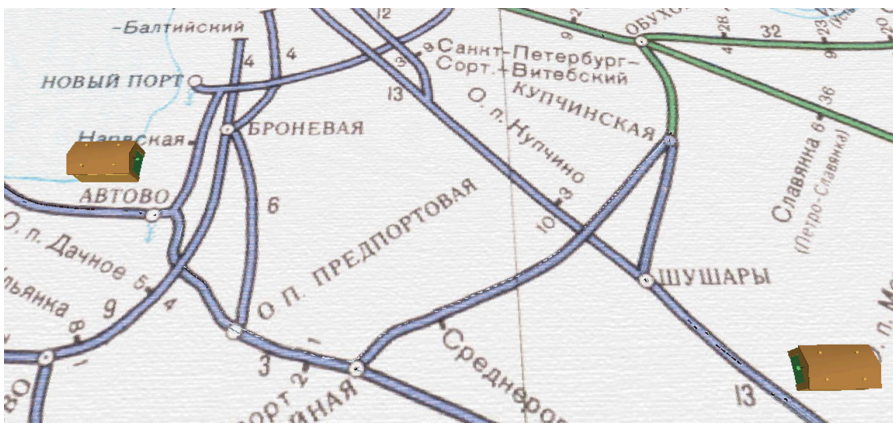


Рис. 3. 3D-визуализация вычислительного эксперимента

**Литература**

- Кузнецов А. Л. Методология технологического проектирования современных контейнерных терминалов / Академия транспорта России. СПб.: Феникс, 2009.
- Щербакова-Слюсаренко В. Н. Концепция сухих портов в мире и в Российской Федерации // Системный анализ и логистика на транспорте: материалы 2-й межвуз. науч.-практич. конф. СПб.: ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова, 2014.
- Горынцев М. Н. Имитационное моделирование порта Тамань // Системный анализ и логистика на транспорте: материалы 2-й межвуз. науч.-практич. конф. СПб.: ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова, 2014.
- Панова Ю. Н. Обоснование этапности развития тыловых контейнерных терминалов: дисс. ... канд. техн. наук: 05.22.08. СПб.: Петербург. гос. ун-т путей сообщения, 2012.