

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ МОРСКОГО КОНТЕЙНЕРНОГО ТЕРМИНАЛА**Ю. Н. Панова, Е. К. Коровяковский (Санкт-Петербург)****Введение**

Современному поколению контейнеровозов, вместимость которых достигает 18000 TEU, должен соответствовать прогрессивный уровень развития морских контейнерных терминалов и их операционной деятельности. Согласно данным исследовательской организации Braemar's Seascope's research division, закупки крупных судов-контейнеровозов продолжают динамично расти [1]. Только с начала 2011 г. было заказано более 52 гигантских судов-контейнеровозов, в том числе 20 судов вместимостью 18 000 TEU (20 x 18 000 TEU) крупнейшим оператором морских контейнерных перевозок A P Moller Maersk, 10 судов (10 x 14 000 TEU) международной логистической компаний Neptune Orient Lines (NOL) и 14 судов-контейнеровозов (14 x 13 000 TEU) холдингом Orient Overseas (International) Limited (OOIL). Обслуживание гигантских судов-контейнеровозов приводит к возникновению дополнительных нагрузок на инфраструктуру морских контейнерных терминалов. В условиях растущих контейнерных потоков улучшение эффективности работы терминала может быть достигнуто за счет закупки нового оборудования, увеличения производственной мощности портовых комплексов, внедрения современных информационных технологий.

В последние десятилетия наблюдается повышенный интерес к альтернативному варианту увеличения пропускной способности морских портов – строительству тыловых терминалов. Тыловой терминал характеризуется наличием развитого железнодорожного подхода, комплекса сооружений и устройств, в том числе, таможенных структур, позволяющих предоставлять клиенту услуги в том же объеме, что и в морском порту [2]. Оперативный вывоз контейнеров с территории морского терминала на тыловой терминал обеспечивает высвобождение действующих мощностей и складских территорий морских портов, повышая оборачиваемость их причальных стенок. В качестве мероприятий по увеличению производительности в статье рассматривается возможность закупки дополнительного оборудования и строительства тылового терминала. Сравнение вариантов выполнено на основе оценки величины входящих и исходящих контейнерных потоков, обрабатываемых на терминале при различных сценариях развития.

Для моделирования морского контейнерного терминала выбран метод, который был разработан Джеффри Гордоном в 1960-х гг. и к настоящему моменту получил широкую сферу применения – от логистики и систем массового обслуживания до транспортных и производственных систем. Метод дискретно-событийного моделирования, позволяющий абстрагироваться от непрерывной природы событий, является оптимальным для моделирования сложной системы контейнерного терминала, так как допускает ее проектирование только из цепочки основных событий, таких как «перегрузка», «перемещение контейнера», «хранение», «обработка» и т.д. Дискретно-событийная модель морского контейнерного терминала, представленная в виде блоков стандартной библиотеки Enterprise Library (рис.1), была построена на основе анализа его главной функции – перемещения контейнеров между судном и наземными транспортными средствами. Дополнительные функции, связанные с перетаркой, ремонтом, обслуживанием контейнеров, находятся за пределами данного исследования.

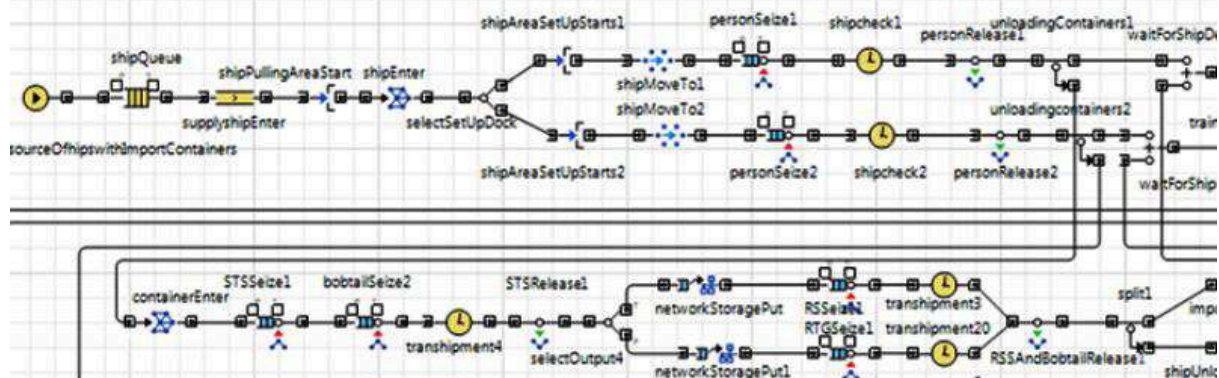


Рис. 1. Фрагмент дискретно-событийной модели морского контейнерного терминала
Моделирование работы терминала

Моделирование морского контейнерного терминала произведено в несколько последовательных этапов:

- планирование технического оснащения терминала;
- компоновка и размещение оборудования;
- реализация технологии работы терминала с помощью программных средств;
- оценка сценариев развития терминала.

Планирование технического оснащения выполнено на основе изучения фактического материала о контейнерных терминалах Санкт-Петербурга. Существуют определенные различия в технологии обработки импортных, экспортных и порожних контейнеров. Импортные контейнеры снимаются с борта судна и перемещаются в зону складирования, которая непосредственно не прилегает к причалу. После прохождения зоны таможенного осмотра и оформления сопутствующих документов, контейнеры забираются из зоны складирования и помещаются на наземное транспортное средство для доставки по назначению. Экспортные контейнеры прибывают в течение нескольких дней до прихода судна и помещаются в зону складирования вблизи от причала, но не в рабочей зоне причального крана. После прохождения таможенных операций контейнеры загружаются на внутренний транспорт и перемещаются в рабочую зону крана для погрузки на отведенное место в трюме судна. Порожние экспортные контейнеры обрабатываются по схеме экспортных контейнеров. Прибывшие морем и экспортные порожние контейнеры отделяются от груженых и складировываются в специализированных зонах. Отличия в обслуживании различных категорий контейнеров (экспортных, импортных, порожних) влияют на высоту их складирования. Так как суда прибывают в более предсказуемые интервалы времени, а забираются контейнеры из порта клиентами в непредсказуемые моменты времени, экспортные контейнеры складировываются в пять-шесть ярусов без риска того, что нижние будут востребованы раньше верхних. Доступ к импортным контейнерам должен быть более-менее произвольным, поэтому максимальная высота складирования принята до 4 ярусов во избежание излишней перештабелевки.

Компоновка перегрузочного портового оборудования выполнена по условию его привязки к функциональным зонам терминала. В общем случае контейнерный терминал был разделен на основные функциональные зоны (рис. 2):

- ♦ причальную, в которой производится перемещение контейнеров между бортом судна и причалом порта;

- ◆ складскую, где производится складирование отправляемых или принимаемых портом контейнеров, погрузка/разгрузка автомобильного транспорта;
- ◆ тыловую, в которой производится таможенное оформление контейнеров, погрузка/разгрузка железнодорожного транспорта.

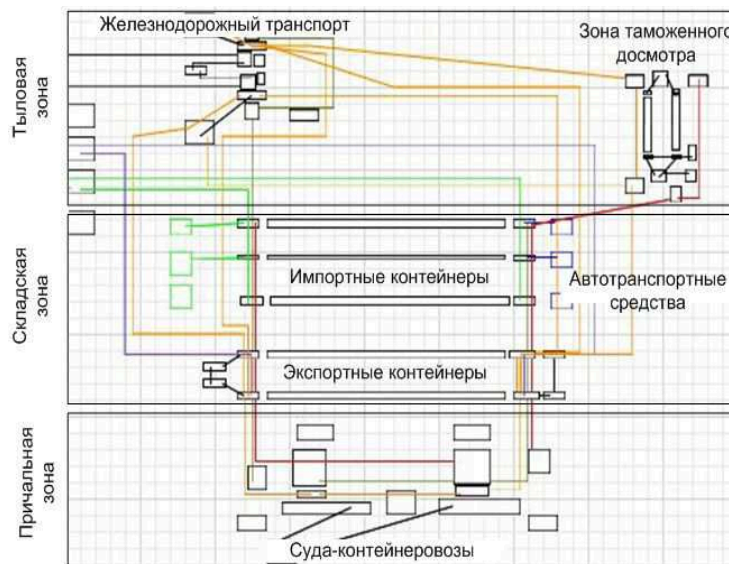


Рис. 2. Функциональные зоны морского контейнерного терминала

Связывают эти зоны между собой средства наземной транспортировки. В каждой из зон используются свои критерии эффективности перегрузочного оборудования. Например, судовые операции, заключающиеся в погрузке контейнеров на борт судна и их разгрузке на причал, в максимальной степени определяют скорость грузообработки, так как все прибывающие и убывающие контейнеры должны пройти через причальную зону. В связи этим, эта зона часто называется «доминантной системой терминала», поэтому выбор перегрузочного оборудования выполнен по критерию максимальной производительности.

Для выполнения береговых операций выбраны причальные контейнерные перегружатели (КП), с помощью которых осуществляются погрузочно-разгрузочные операции (ПРО) с судном, а транспортировка в зону складирования или тыловую зону производится тягачами. На практике, судовладельцы обычно при заключении договора на использование терминала оговаривают выделение некоторого минимального количества перегружателей при заходе судна в порт (обычно 1 КП для судов-контейнеровозов первого поколения, 2 КП – для судов второго поколения и 3 КП для больших судов) [3]. В модели предусматриваются КП производительностью 55 конт./час в количестве от 1 до 2 на каждое судно при различных сценариях работы терминала.

Хранение контейнеров в ожидании оформления документов, прибытия наземных транспортных средств, требует выполнения складских операций, которые являются буферными между судовыми и отгрузочно-приемными операциями тыловой зоны. В зоне хранения ПРО осуществляются ричстакерами и перегружателями на пневмоходу (RTG) в сочетании с тягачами. Примерно треть терминалов с площадью одновременного хранения более 10 000 TEU используют перегружатели на пневмоколесном ходу [3]. Для планируемого терминала площадь единовременного хранения контейнеров составляет 10 400 контейнеров. Контейнеры в складской зоне укладываются блоками параллельно причальной линии. Длина каждого блока – 20 контейнеров, а ширина 6 рядов. Между смежными блоками устраиваются проезды. Ширина штабеля под складским пе-

регрузателем (RTG) составляет 6 рядов плюс проезд для транспортного средства. Высота подъема контейнеров ричстакерами и кранами (RTG) равна 4–5 ярусам. Рабочая скорость перегружателя на пневмоколесном ходу принята 7 км/ч при его производительности 20 конт./ч. Для терминала с двумя КП, каждый из которых перегружает 25 конт./ч, обычно требуется 6 перегружателей на пневмоколесном ходу плюс 6–8 комплектов тягачей для внутривортовой транспортировки [3]. В примере при работе 2 КП производительностью 55 конт./ч используется 6 ричстакеров и 5 кранов RTG для выполнения складских операций. Пять единиц техники для перегрузки контейнеров, перевозимых тягачами между причальной и складской зоной. Еще 3–5 ед. техники необходимо для погрузки контейнеров на магистральный наземный транспорт и обслуживания операций при комплектации партий. С учетом одной перегрузочной машины в резерве их общее количество в складской зоне равно 11. Для обслуживания каждого судна (поезда), а также выполнения внутренних перемещений контейнеров между технологическими зонами терминала принимается 8 ед. тягачей.

В зоне таможенного досмотра используются 2 фронтальных погрузчика. В сравнении с ричстакерами, фронтальные погрузчики не могут образовывать высокие штабели и имеют особенно плохие показатели только при операциях с большими расстояниями между начальными и конечными положениями контейнерами, что для зоны досмотра не является характерным. Преимуществом фронтальных погрузчиков является их низкая стоимость. Как правило, она на 100 000 долларов меньше закупочной цены ричстакеров той же грузоподъемности. Производительность обоих типов погрузчиков (ричстакеров и фронтальных погрузчиков) составляет 15 конт./ч при средней скорости передвижения 20–30 км/ч. Для обслуживания железнодорожного транспорта в тыловой зоне используются 2 перегружателя на железнодорожном ходу. Поскольку пролет рельсовых перегружателей больше, чем у перегружателей на пневмоходу, рабочая скорость перемещения спредерной тележки и портала достигает 9 км/ч. Производительность ограничивается значением в 25 конт./ч.

Организация перегрузочно-разгрузочных операций с использованием выбранного оборудования выполнена с учетом круглосуточной работы контейнерного терминала. Время прибытия автомобилей на терминал распределено по экспоненциальному закону, поездов и судов – по равномерному закону распределения. Производительность перегрузочно-разгрузочного оборудования и время выполнения грузовых операций задано треугольным законом распределения. Продолжительность имитирования работы терминала составляет 1 месяц, количество экспериментов равно четырем.

В первом эксперименте с моделью оценивается работа терминала при принятом техническом оснащении. В соответствии с технологией работы, контейнеры, прибывающие с моря, выгружаются в зону складирования, откуда 50% контейнеров от прибывшей судовой партии направляется в зону таможенного досмотра. После таможенной очистки все контейнеры забираются из зоны складирования и доставляются по назначению автомобильным и железнодорожным транспортом. Таким образом, каждый контейнер на терминале перегружается в среднем 3 раза, а количество перегрузок части экспортных и импортных контейнеров, поступающих в зону таможенного досмотра, достигает 5 раз. После выгрузки импортных контейнеров, происходит формирование партии экспортных контейнеров для попутной загрузки судна в обратном направлении. Железнодорожные вагоны также подаются под двоякие операции. Начально-конечные операции с судами и вагонами фиксируются тальманом. Прибытие/убытие автомобилей отмечается на контрольно-пропускном пункте, работающем независимо для противоположных потоков машин.

Для сравнения возможных вариантов развития терминала выполнены эксперименты под номерами 2–4. Оцениваемые параметры: входящие и исходящие контейнер-

ные потоки, обрабатываемые на терминале при различных сценариях развития событий. В эксперименте № 2 вдвое увеличивается число погрузочно-разгрузочных машин, при неизменном числе тягачей, а третьем – наоборот. В четвертом эксперименте анализируется контейнерооборот терминала, при условии, что часть логистических операций (хранение; таможенное оформление, затарка/растарка контейнеров; формирование грузовых мест и транспортных партий; укрупненных грузовых мест) переносится на тыловую терминал. Особенно следует отметить возможность таможенного оформления на тыловом терминале, которая позволит нивелировать основную причину простоя контейнеров в российских морских терминалах. По наблюдению В.А.Варваренко, в России контейнеры простаивают в порту в ожидании таможенного обслуживания, в то время, как в Европе, контейнеры задерживаются на терминале в ожидании прибытия за ним получателя [4]. При наличии тылового терминала контейнеры после выгрузки из судов и таможенного осмотра будут отправляться на его территорию под таможенным контролем. Дальнейшая обработка контейнеров и их доставка по потребителям будет производиться именно с территории тылового терминала.

Выводы

В статье выполнено моделирование работы терминала с учетом его основного функционального назначения и технического оснащения, выбранного в зависимости от объема перевозок. Для анализа сценариев развития терминала было использовано компьютерное имитирование, так как оно является наилучшим средством, дополняющим процесс планирования стохастической работы системы. По результатам проведенных экспериментов, было выполнено сравнение вариантов по величине обработанных контейнерных потоков. При увеличении числа погрузочно-разгрузочных машин, пропускная способность морского контейнерного терминала возрастает на 10%, изменение же количества тягачей приводит к 13%-ному росту обработки контейнеров. Максимальное увеличение (47%) входящих и исходящих контейнерных потоков в сравнении с исходным вариантом зафиксировано в эксперименте с тыловым терминалом, который используется для оперативного вывоза контейнеров с причальных стенок морского порта.

Литература

1. Containership orders increase// World cargo news, <http://www.worldcargonews.com/htm/w20110830.498622.htm>
2. The dry port concept: Thesis for the degree of doctor of philosophy / V. Roso, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden, 2009, p. 80.
3. **Степанов А. Л.** Оборудование контейнерных терминалов. Учебно-производственное пособие. 2008.
4. **Варваренко В. А.** В погоне за временем // Логинфо. 2008. № 3. С. 8–16.