



УДК 656

© Ю. Н. Панова, Е. К. Коровяковский, 2012

ФАКТОРЫ СТРОИТЕЛЬСТВА ТЫЛОВЫХ КОНТЕЙНЕРНЫХ ТЕРМИНАЛОВ

Панова Ю. Н. – асп. кафедры «Логистика и коммерческая работа», e-mail: panovayulia87@gmail.com; Коровяковский Е. К. – канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Логистика и коммерческая работа», тел. (812) 457-80-94, e-mail: ekorsky@mail.ru (ПГУПС)

Дополнительными звеньями технологической цепочки контейнерных перевозок становятся тыловые терминалы. Необходимость их строительства обусловлена эксплуатационными, экономическими и экологическими факторами, которые рассмотрены с учетом зарубежного опыта. Анализ эксплуатационных факторов занимает в статье ведущее место.

Global container traffic passing through the biggest seaport terminals has been growing steadily. Inland container terminals are becoming one of the key elements of a transport technological chain. The necessity of their construction is dictated by operational, economic, and ecological agents that have been considered given the overseas experience. The paper focuses mainly on operational factors.

Ключевые слова: контейнерные перевозки, тыловые терминалы, штабелирование контейнеров.

Потребности рынка контейнерных перевозок могут быть удовлетворены только при надлежащем развитии транспортного комплекса, в первую очередь, системы контейнерных терминалов. Многие складские и перевалочные мощности морских портов не отвечают современным требованиям и генерируют транспортные потоки, затрудняющие движение в прибрежных районах и на улицах припортовых городов. По мнению д-ра тех. наук, специалиста в области кораблестроения Хью Вега, одна из причин критической дорожно-транспортной ситуации связана с увеличением размеров судов-контейнеровозов, при обработке которых возрастают нагрузки не только на инфраструктуру морских портов, но и припортовые транспортные сети, задействованные при их обслуживании [1]. Согласно данным исследовательской организации Braemar Seascope research division, закупки крупных судов-контейнеровозов продолжают динамично расти [2]. Только с начала 2011 г.



было заказано более 52 гигантских судов-контейнеровозов, в том числе 20 судов вместимостью 18 000 TEU каждый, крупнейшим оператором морских контейнерных перевозок AP Moller Maersk. TEU, рус. ДФЭ – условная единица измерения пропускной способности контейнерных терминалов, эквивалентная размерам ISO-контейнера длиной 20 футов (2TEU = FEU). Создание гигантских контейнеровозов с планируемой вместимостью до 22 000 TEU может повысить риск возникновения пробок на припортовых дорогах.

Для рациональной и эффективной организации растущих объемов перевозок грузов начиная с 60-х гг. в Европе создаются терминальные комплексы, размещаемые на небольшом удалении от центров тяготения грузопотоков. В 80–90-х гг. процесс их бурного строительства во Франции, Германии, Италии, Нидерландах, Бельгии и Великобритании ознаменовался набором лексических вариаций для обозначения сходной концепции (в Германии – “gueterverkehrszentren”, во Франции – “plateformes multimodales logistiques”, в Англии – “freight villages”, в Италии – “interporti”). Концепцией предполагается наличие технического и технологического обеспечения (комплекса зданий и сооружений, погрузочно-разгрузочного оборудования, таможенных структур, ремонтных мастерских, страховых офисов), позволяющего выполнять различные логистические операции. В 2001 г. экономической комиссией ООН для стран Европы было сформулировано понятие «сухого» порта [3]. Термин «сухой» порт существует только в английском и французском языках (“dry port”) и обозначает тыловой терминал, который 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. Тенденция строительства тыловых контейнерных терминалов, которые используются для оперативного вывоза грузов с причальных стенок морских портов, постепенно распространяется в России. Большая часть российских тыловых терминалов («Восход», «Интертерминал-Предпортовый», Терминально-логистический центр (ТЛЦ) «Предпортовый», ТЛЦ «Евросиб-Терминал-Шушары», ООО «Логистический Парк «Янино», «Логистика-Терминал», ТЛК «Модуль Терминал») сосредоточена вблизи северной столицы России.

Классификация факторов строительства тыловых терминалов выполнена на основе изучения масштабных исследований, посвященных данной предметной области. Фундаментальные вопросы развития грузовых терминалов и их технических характеристик рассмотрены такими учеными, как А. С. Балалаев, А. Т. Дерибас, В. В. Дыбская, Л. А. Коган, О. Б. Маликов, В. В. Поворженко, А. А. Смехов. Аспекты развития тыловых терминалов в Европе, Северной Америке, Индии, Южной Африке [3, 4] нашли отражение в трудах иностранных ученых: Б. С. М. Руттена, К. Мачэриса, А. Вербики, Т. Ноттебума, Б. Слэка, В. Росо, Д.-П. Родриге, П. Гарнва, А. Бересфорда, С. Петтита, А. Роса, Р. Роскелли, К. Кабаллини, Э. Гатторна, А. Нж, Г. Гуджара, Е. Кронье, М. Матсии, В. Кругелла. С учетом зарубежного и российского опыта факторы развития тыловых терминалов были объединены в три груп-



пы, среди которых, эксплуатационные факторы являются главной движущей силой. Далее по степени значимости определены экономические и экологические факторы (см. рис. 1).



Рис. 1. Факторы строительства тыловых терминалов

Эксплуатационные факторы

В 2010 г. объем переработки контейнерных грузов морскими терминалами мира возрос на 14,5 % по сравнению с 2009 г. и достиг 560 млн. TEU [5]. В России существенный рост перегрузки контейнеров зафиксирован в портах Владивосток – +44,4 %, Санкт-Петербург – +39,7 %, Новороссийск – +26,1 % [6]. Строительство тыловых контейнерных терминалов актуально в условиях растущих контейнерных потоков при отсутствии возможности экстенсивного развития морских портов. Развитие причальных территорий морского порта может быть ограничено географическими особенностями его расположения. Например, крупнейший торговый порт на юге России, Новороссийск, со всех сторон окружен горами Северного Кавказа [7]. Для портов Санкт-Петербург и Владивосток характерно расположение их основной территории в пределах общественно-городской застройки, из-за чего проблема дефицита свободных прибрежных зон является насущной. Ограниченная пропускная способность порта Санкт-Петербург приводит к частичному переключению российских грузопотоков, в первую очередь высокодоходных импортных грузов, в порты соседних стран – Балтии и Финляндии. В 2008 г. около 15 % всего российского импорта было обработано в портах Финляндии [8]. Отсутствие складских площадей является причиной упущенных доходов крупнейших контейнерных терминальных операторов России, расположенных в пределах морских портов. Менее 20 % грузопотока контейнеров обрабатывается на терминальных комплексах Санкт-Петербурга, остальная часть контейнерных грузов покидает порт без какой-либо обработки [9]. Мировой опыт показывает, что при росте числа дополнительных операций, включающих комплектацию, взвешивание, маркировку, упаковку, досборку товаров, доходы от переработ-



ки одного контейнера увеличиваются в 2–3 раза. Высвобождение площадей для оказания дополнительных услуг возможно за счет увеличения высоты штабеля контейнеров на морских терминалах. Максимально допустимое количество ярусов грузеных [10] и порожних контейнеров в штабеле определено с учетом их технических характеристик (см. табл.).

Таблица

Основные параметры крупнотоннажных контейнеров

Типоразмер	Максимальная масса брутто, кг/кН	Масса тары, кг	Наружные размеры, мм		
			Длина	Ширина	Высота
1AA (FEU)	30 480/299	3 890	12 192	2 438	2 591
1CC (TEU)	24 000/235,4	2 100	6 058	2 438	2 591

Максимальная масса брутто (R) 40-футового контейнера 1AA равна 30 480 кг, 20-футового контейнера 1CC – 24 000 кг. С учетом ускорения силы тяжести ($g = 9,81 \text{ м/с}^2$) 1 Rg для контейнера 1 AA составит 299 кН, для 1CC – 235,4 кН. По условиям изготовителя контейнеров, предприятия ОАО «Абаканвагонмаш», максимальная нагрузка на одну стойку при штабелировании контейнеров 1AA и 1CC составляет 848 кН [11]. В соответствии с ГОСТ 20260–80, п. 2.4.2, штабелирование, проверяются контейнеры с мерным грузом массой 1,8 R [12]. При штабелировании грузеных контейнеров в шесть ярусов пять верхних контейнеров давят на один нижний ($1,8Rg \cdot 5 = 9Rg$). Действие одного яруса на нижерасположенный оценивается величиной 9 Rg, поэтому нагрузки на каждый верхний угловой фитинг составляют 9 Rg: $4 = 2,25 Rg$.

При девяти ярусах грузеных контейнеров в штабеле восемь верхних контейнеров давят на один нижний ($1,8 Rg \cdot 8$) с усилием 14,4 Rg, которое распределяется равномерно на каждый верхний угловой фитинг ($14,4: 4 = 3,6 Rg$). Самым нагруженным является нижний фитинг нижнего контейнера. Нагрузка на нижние фитинги контейнера 1AA, рассчитанная на штабелирование в шесть ярусов, составляет 807,3 кН, что не превышает предельно допустимой нагрузки по условиям изготовителя контейнера (848кН). Но при штабелировании в девять ярусов усилия в нижнем фитинге достигают 1210,95 кН, что недопустимо по условиям прочности конструкции контейнера. Аналогичным образом рассчитана нагрузка на нижние фитинги контейнера типоразмера 1CC при штабелировании в восемь и девять ярусов. Нагрузка при восьми ярусах составляет 847,4 кН, а при девяти ярусах – 953,4 кН. Таким образом, с учетом максимально допустимой нагрузки на одну стойку контейнера, не рекомендуется устанавливать грузеные контейнеры типоразмера 1 AA более чем в шесть ярусов в штабеле, контейнеры 1 CC – в восемь ярусов.

Расчет количества порожних контейнеров в штабеле при их размещении в прибрежных зонах портов Санкт-Петербурга, Новороссийска и Владиво-



стока выполнен на основе коэффициента запаса устойчивости [13] и действия ветровой нагрузки по регионам России [14]:

$$\eta_n = \frac{Q_{гр} * b_n^o}{F_n * (h_{шт} - h_y^n) + W * (h_{нп} - h_y^n)},$$

где: $Q_{гр}$ – масса контейнера(ов), т; b_n^o – кратчайшее расстояние от проекции центра тяжести (ЦТ) на горизонтальную плоскость до ребра опрокидывания поперек штабеля, м; F_n – поперечная инерционная сила с учетом действия центробежной силы, тс (принимается равной 0, так как контейнер установлен на неподвижной поверхности), $h_{шт}$ – высота ЦТ контейнера, м; h_y^n – высота соответственно поперечного упора или плоскости подкладок, м (принимается равной 0); $h_{нп}$ – высота центра проекции боковой (наветренной) поверхности груза от поверхности земли, м; W – ветровая нагрузка, тс. Точкой приложения ветровой нагрузки является центр наветренной поверхности (см. рис. 2).

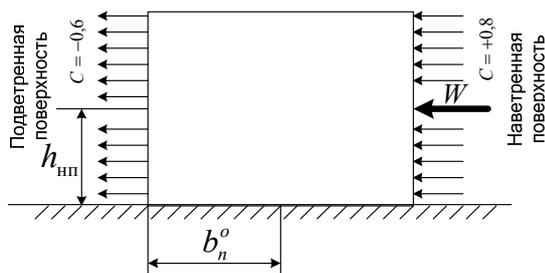


Рис. 2. Схема действия ветровой нагрузки для определения аэродинамического коэффициента C

Ветровая нагрузка на высоте z над поверхностью земли определяется по формуле:

$$W = W_0 * k * c * S_n,$$

где: W_0 – нормальное значение ветрового давления в зависимости от ветрового района, тс/м²; k – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте в зависимости от типа местности (тип местности А – открытые побережья морей, озер и водохранилищ, пустыни, степи, тундра); c – аэродинамический коэффициент; S_n – площадь боковой наветренной поверхности, м².

$$S_n = L * H,$$

где: L – длина контейнера, м; H – высота контейнера, м.

При двух ярусах порожних контейнеров 1 АА в штабеле коэффициент устойчивости с учетом ветровой нагрузки для порта Санкт-Петербург составит:

$$\eta_n = \frac{7,78 * 1,22}{0,03 * 0,75 * 0,2 * 63,14 * 2,591} = 12,89.$$

При девяти ярусах:

$$\eta_n = \frac{35,01 * 1,22}{0,03 * 1,04 * 0,2 * 284,13 * 11,659} = 2,07.$$

Так как коэффициент устойчивости больше значения 2,0 [13], порожние контейнеры типоразмера 1 АА допускается устанавливать в девять ярусов по высоте при их штабелировании в прибрежных зонах Санкт-Петербурга (при десяти ярусах коэффициент равен 1,8). Аналогичным образом выполнен расчет максимального количества ярусов контейнеров 1СС. Контейнеры данного типоразмера также допускается устанавливать в девять ярусов по высоте, так как коэффициент устойчивости равен 2,14. При десяти ярусах коэффициент устойчивости (1,75) меньше допустимого значения. Согласно карте регионов России по давлению ветра [14], Санкт-Петербург находится в зоне II, что соответствует ветровой нагрузке 0,03 тс/м², в то время как порты Новороссийск и Владивосток находятся в зонах IV и V соответственно, с ветровыми нагрузками 0,048 тс/м² и 0,06 тс/м². Поэтому в прибрежных зонах Новороссийска порожние контейнеры типоразмера 1 АА не рекомендуется устанавливать более чем в шесть ярусов, 1 СС – семь ярусов. Для условий Владивостока – не более пяти ярусов в обоих случаях. В целом, постановка контейнеров в дополнительный ярус по высоте для повышения пропускной способности порта является эффективной мерой, хотя ее реализация не всегда представляется возможной.

Экономические факторы

Дорогие территории морских терминалов и высокие размеры арендных платежей нередко являются причиной повышения тарифов на услуги стивидорных компаний [15]. Для земель транспорта с 1 января 2008 г. была введена ставка арендной платы за участки, находящиеся в государственной собственности, в размере 1,5 % от их кадастровой стоимости [16]. Такое налоговое бремя для операторов морских терминалов сохранится, если не будут внесены поправки и дополнения в статьи 381 и 395 части второй Налогового кодекса РФ. Пока такие изменения не внесены, альтернативой снижения арендных платежей, включенных в ставку тарифа на услуги, может быть строительство тыловых терминалов, позволяющих высвободить действующие мощности и дорогие территории морских портов за счет переноса дополнительных логистических операций с грузом (таможенный досмотр, оформление документов; затарка/растарка контейнеров; формирование грузовых мест и транспортных партий; укрупненных грузовых мест) на более дешевые внутренние территории. Дешевые земли мест расположения тыловых терминалов создадут предпосылки не только для снижения стоимости логистических услуг, но и реализации проектов российского законодательства. Так, например, проектом постановления правительства Москвы «Об



ограничениях движения грузового автотранспорта в городе Москве» [17] предполагается ввести запрет на «передвижение по МКАД грузового автотранспорта грузоподъемностью более 1,5 т и въезд на территорию города, ограниченную МКАД, грузового автотранспорта максимальной массой более 7 т» в период с 7.00 до 22.00. В Санкт-Петербурге сложная дорожно-транспортная ситуация может привести к принятию аналогичных мер. Строительство тыловых терминалов в Ленинградской области обеспечит рациональное решение транспортных проблем, которое начнется не с введения запрета, инициирующего строительство складов за городом, а с развития необходимой инфраструктуры и постепенного выноса терминальных комплексов с центральных городских земель.

Экологические факторы

Особенности географического положения порта Усть-Луга, также как и Владивостока, Новороссийска, Санкт-Петербурга, лимитируют возможность их развития. Рядом с Усть-Лугой находятся заповедник и заказник. Кроме того, в предместье морского порта Усть-Луга находятся деревни Краколье и Лужицы – основной район проживания народности воль. В 2008 г. постановлением правительства Российской Федерации воль внесена в Единый перечень коренных малочисленных народов РФ. По итогам переписи 2010 г. стало известно, что в деревне Лужицы (устье реки Луги) строящийся морской порт теснит древнее поселение численностью 9 человек [18].

Из-за расположения портов Санкт-Петербург, Владивосток в пределах общественно-городской застройки сверхнормативные нагрузки на припортовые автомагистрали вызывают ухудшение качества окружающей среды [19]. Для сокращения загрязняющих выбросов в припортовых городах переключение грузопотоков на железнодорожный (более экологически чистый) транспорт по маршруту морской порт – тыловой терминал является рациональным [3]. Таким образом, строительство тыловых терминалов создает предпосылки улучшения транспортной и экологической обстановки в регионе, а также позволяет избежать проблем, вызванных неблагоприятным географическим положением морского порта.

Результаты исследования

Критерием оценки работы современных морских портов являются их ценовая политика, пропускная способность, а также уровень и качество организации подхода к портам со стороны материковой части. В условиях лавинообразного роста контейнерных потоков в направлении морских портов сухопутные подходы становятся загруженными. Высокая напряженность на припортовых дорогах за рубежом рассматривается в качестве критического фактора строительства тыловых терминалов, так как достижение прогресса только в водной акватории недостаточно для повышения конкурентоспособности морского порта и функционирования всей транспортной логистической цепи. Повышенное внимание политиков зарубежных стран к проблемам пробок и

окружающей среды также становится катализатором строительства тыловых терминалов. Исследование российских тыловых терминалов, обслуживающих морской порт Санкт-Петербург, показало, что определяющим фактором их строительства является отсутствие возможности экстенсивного развития самого порта (действующих на его территории морских контейнерных терминалов) в условиях растущих контейнерных потоков.

Для подтверждения положения о целесообразности строительства тылового терминала было выполнено имитационное моделирование работы морского контейнерного терминала при различных сценариях его развития. Выбор имитационного моделирования как средства изучения сценариев развития был обусловлен невозможностью проведения эксперимента на реальном объекте; трудностью построения аналитической модели (в системе есть причинные связи, нелинейная динамика, стохастические переменные); необходимостью анализа поведения системы во времени.

Компьютерное моделирование позволило исследовать сложную систему контейнерного терминала на основе ее имитационной модели. В качестве среды моделирования использован программный продукт AnyLogic [20], распространенный среди 15000 пользователей в 60 странах мира. Программное обеспечение AnyLogic разработано российской компанией «XJ Technologies», главный офис которой расположен в Санкт-Петербурге, а филиалы – в Европе и в Северной Америке.

Для моделирования морского контейнерного терминала выбран метод, разработанный Джеффри Гордоном в 1960-х гг. К настоящему моменту метод дискретно-событийного моделирования получил широкую сферу применения – от логистики и систем массового обслуживания до транспортных и производственных систем. Данный метод является оптимальным для проектирования сложной системы контейнерного терминала, так как позволяет абстрагироваться от непрерывной природы явлений и моделировать систему из цепочки основных событий, таких, как «перегрузка», «перемещение контейнера», «хранение», «обработка». Дискретно-событийная модель морского контейнерного терминала представлена в виде блоков стандартной библиотеки Enterprise Library (см. рис. 3).

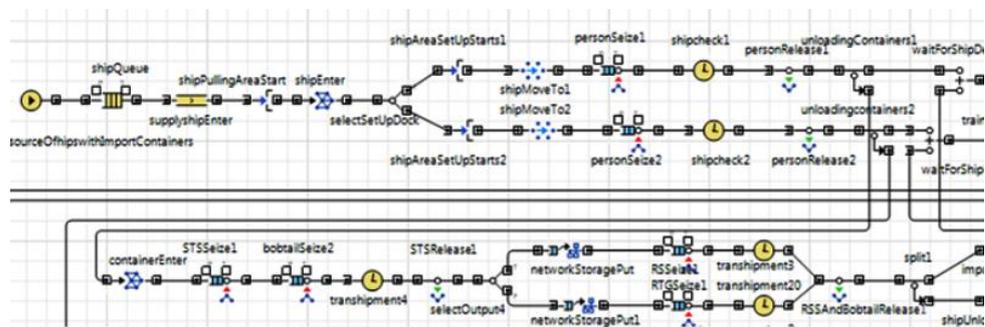


Рис. 3. Фрагмент дискретно-событийной модели морского контейнерного терминала



Формализация и алгоритмизация задачи выполнена с учетом данных о контейнерных терминалах, расположенных на территории морского порта Санкт-Петербург. В общем случае морской контейнерный терминал был разделен на основные функциональные зоны (причальную, складскую, тыловую), по условию привязки к которым, произведена компоновка перегрузочного портового оборудования. Производительность погрузочно-разгрузочного оборудования и время выполнения грузовых и коммерческих операций задано треугольным законом распределения. Время прибытия автомобилей на терминал распределено по экспоненциальному закону, прибытие поездов и судов – по равномерному закону распределения. В связи с этим результаты проведенных экспериментов определялись случайным характером процессов, по которым была собрана устойчивая статистика

На основе калькуляции совокупных контейнерных потоков, обрабатываемых на терминале, сделаны следующие выводы. При двукратном увеличении количества погрузочно-разгрузочных машин во втором эксперименте число обработанных контейнеров возрастает на 15 % по сравнению экспериментом № 1 (исходном техническом оснащении). Двукратное увеличение парка внутреннего транспорта, то есть количества грузовиков, приводит к возрастанию пропускной способности терминала на 13 %. При одновременном увеличении количества погрузочно-разгрузочного оборудования и парка внутреннего транспорта выполнение модели останавливалось из-за возникновения системной ошибки (недостаточной вместимости зоны хранения контейнеров). Данный факт подтверждает гипотезу об обоснованности строительства тылового терминала в условиях растущих контейнерных потоков и дефицита свободных площадей в порту для его экстенсивного развития.

Максимальное увеличение (около 31 %) входящих и исходящих контейнерных потоков в сравнении с исходным вариантом зафиксировано в четвертом эксперименте (при наличии тылового контейнерного терминала в транспортной логистической цепи), что свидетельствует о том, что данный вариант повышения эффективности работы морского контейнерного терминала является рациональным для условий российских портов, рассмотренных в статье.

Библиографические ссылки

1. *Vega H. T.* The world seaborne trade and transport. – Guayaquil, Ecuador, 2010.
2. *Internet source:* <http://www.worldcargonews.com/htm/w20110830.498622.htm>
3. *Roso V.* The dry port concept: Thesis for the degree of doctor of philosophy. – Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden, 2009.
4. *Transport and Communications Bulletin for Asia and the Pacific, Development of Dry Ports.* – New York. – 2009. – № 78.
5. *Internet source:* <http://www.worldcargonews.com/htm/w20110413.777417.htm>
6. *Быстрее всех растут контейнерные перевозки // Транспорт.* – 2011. – № 6.
7. *Интернет-ресурс:* <http://strana.ru/places/56394/info>
8. *Ruutikainen P., Tapaninen U.* Development of Russian ports in the Gulf of Finland. – Publications from the center for maritime studies university of Turku, 2009.



9. *Интернет-ресурс*: http://www.gov.spb.ru/gov/admin/otrasl/tran_tranzit/strat
10. *Мурашова Е. П.* Технология грузовой работы станции Автово с разработкой вопросов внедрения тылового терминала: Дипломный проект. – СПб.: ПГУПС, 2011.
11. *Интернет-ресурс*: <http://www.vagonmash.com/products.html?closed>
12. *ГОСТ 20260-80.* Контейнеры универсальные. Правила приемки, методы испытаний. – М.: Государственный комитет по стандартам, 1990.
13. *Технические условия размещения и крепления грузов в вагонах и контейнерах.* – М., 2003.
14. *СНиП 2.01.07-85.* Нагрузки и воздействия. – М., 2005.
15. *Тарифная зависимость* // Морские Порты. – 2009. – № 80 (9).
16. *Земля без налога* // Российская Бизнес-газета. – 16.03.2010. – № 741 (8).
17. *Запрет на въезд в столицу тяжелых грузовиков пока под вопросом* // Российская Бизнес-газета. – 28.12.2010. – № 782 (49).
18. *Водская Пятина* // Царскосельская газета. – 4.05.2011. – № 19.
19. *Панова Ю. Н., Коровяковский Е. К., Титова Т. С.* Экологические аспекты внедрения тыловых терминалов // Известия Петербургского университета путей сообщения. – СПб., 2011. – № 3 (28).
20. *XJ Technologies* (Экс Джей Технолджис). Интернет-ресурс: <http://www.xjtek.ru/>