

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА, СУДОВОЖДЕНИЕ

DOI: 10.21821/2309-5180-2016-8-6-7-18
УДК 627.32

А. А. Давыденко,
А. Н. Китиков

ОЦЕНКА КОМПЛЕКСНОЙ ПОТРЕБНОСТИ ПОРТООРИЕНТИРОВАННОГО ЛОГИСТИЧЕСКОГО КЛАСТЕРА В ПРИЧАЛЬНЫХ ФРОНТАХ

На основе анализа общемировых тенденций к появлению портоориентированных логистических кластеров выявлено усиление роли морских грузовых фронтов, которые во многом определяют эффективность работы этих капиталоемких инфраструктурных объектов транспортной индустрии. Показано, что морские порты и грузовые терминалы служат местом столкновения интересов многих участников: от государственных органов и частных инвесторов до судовых агентов и экспедиторов. Установлено, что основным противоречием является конфликт интересов перевозчиков и портовых операторов портов: первые всегда хотят видеть порт бездействующим в ожидании прибытия их судов, а последние — иметь все причалы занятыми грузовой работой. Показано, что это противоречие для своего разрешения требует установления оптимального баланса основных характеристик системы обслуживания. Сформулирована задача расчета (оценки) пропускной способности комплексного причального фронта портоориентированного логистического кластера. Установлено противоречие между требованиями практики и существующими аналитическими методами расчета основных элементов портовой инфраструктуры, рекомендуемых к использованию нормами технологического проектирования портов. Раскрыты методические причины возникновения выявленного противоречия. Проанализированы методологические причины неприемлемости расчетов, основанных на теории массового обслуживания, к идентифицированной предметной области. Предложены методы оценки потребности портоориентированного логистического кластера в причальных фронтах, основанные на имитационном моделировании комплекса неоднородных причалов. Неоднородность причалов допускается как по виду груза и типам судов, составляющих совокупный грузопоток портоориентированного логистического кластера, так и по ограничениям в их обработке на различных причалах, возникающих вследствие коммерческих ограничений. Приведены результаты экспериментов, доказывающих адекватность и результативность предлагаемой методики для оценки комплексной потребности портоориентированного логистического кластера в причальных фронтах.

Ключевые слова: логистические кластеры, методы расчета морского порта, теория массового обслуживания, имитационное моделирование.

Введение

В современном интернациональном транспортном бизнесе наблюдается явная тенденция к формированию портоориентированных логистических кластеров [1] – [4]. Наблюдаемое повсеместно возникновение вокруг эффективно работающих морских портов промышленно-индустриальных центров, промышленных зон, технологических и логистических комплексов, явление регионализации не обходит и отечественную транспортную индустрию [5]. Морские порты и грузовые терминалы, которые всегда служили местом столкновения интересов многих участников: от государственных органов и частных инвесторов до судовых агентов и экспедиторов, превращаются в еще более крупные арены борьбы множества заинтересованных сторон. Наиболее изученным является противоречие между перевозчиками и операторами портов: первые всегда хотят видеть порт бездействующим в ожидании прибытия их судов, а последние — иметь все причалы занятыми грузовой работой [6].

Общепризнанные объективные критерии оптимального баланса между количеством причалов и коммерческими характеристиками обслуживания флота отсутствуют, поскольку решение в значительной мере определяется коммерческой средой ведения бизнеса и выбранными компани-

ями логистическими стратегиями. Классические математические методы, которые лежат в основе известных процедур оптимизации, в основном опираются на явно или неявно сформулированные положения теории массового обслуживания (ТМО). Подавляющее большинство рекомендуемых к использованию методов расчета ключевых инфраструктурных параметров построено на основе жестких требований к характеристикам потоков заявок и каналов обслуживания. Многочисленные попытки модернизировать данный инструментарий с целью ухода от этих ограничений приводят к потере универсальности, общности и наглядности.

В основе методов ТМО лежит представление о рассматриваемом объекте как о системе массового обслуживания (СМО), образованной n однородными каналами (в данном случае причалами), принимающей поток заявок, т. е. прибывающими для обслуживания судами. Заявки, поступившие во время занятости всех каналов, помещаются в очередь, длина которой может ограничиваться некоторым значением m_s или предельным временем ожидания.

С целью получения расчетных соотношений поток заявок в большинстве случаев считается простейшим (стационарным, не имеющим последствия, т. е. ординарным). Эти допущения дают важные с практической точки зрения формулы, но одновременно служат существенными ограничениями для применимости методов. Природа случайного потока морских судов в большинстве практических случаев приводит к нарушению требуемых условий применимости. В лучшем случае это приводит к потере точности получаемых результатов, в худшем — к полной потере адекватности традиционных аналитических методов. Случайный поток морского транспорта практически никогда не является стационарным, так как коммерческие условия работы морских портов и сопряженных объектов цепи поставок, выражающихся в наличии своих расписаний движения смежного транспорта, дисциплины работы подходных каналов, а также режимами работы внешних складов, практикой работы органов контроля, действиями городских властей и др., вносят значимые неравномерности поступления транспорта. Они могут носить *сезонный* (поставки продуктов, действующие квоты и др.), *месячный* (предрождественская торговля), *суточный* (всплески потока в конце и начале недели), *сменный* (дневная прямая развозка в пункты торговли) и *часовой* (начало и конец рабочего дня) характер.

Суперпозиция всех указанных факторов способствует тому, что флуктуация поступления заявок от предполагаемого среднего значения может иметь амплитуду, измеряемую не в процентах, а в размах. Как правило, неясно, на какую интенсивность поступления следует полагаться при расчете характеристик — среднюю, которая может никогда не встречаться (большинство значений будут ниже средних величин как компенсация пиковых всплесков), или максимальную, которая будет регистрироваться лишь в короткие интервалы времени. В первом варианте пиковые всплески будут приводить к образованию очередей, поскольку спланированной мощности будет недостаточно, во втором — расчетное число каналов обслуживания (и связанные с ними капитальные вложения) большей частью времени будет простаивать.

Соответствующая научная задача формулируется следующим образом. Целью расчета является определение числа каналов обслуживания. Задаваемыми и варьируемыми внешними величинами являются интенсивность потока поступления и время обслуживания. В проектной задаче следует указать, какой критерий должен быть использован для каждого частного грузопотока, какие ограничения являются жесткими, а какие могут быть временно сняты и т. д.

В случае отсутствия в сформированных представлениях об ожидаемом характере грузопотока жесткости условий и величины потерь, связанных с избытком или дефицитом размещаемых ресурсов, следует выполнить расчет для спектра полярных вариантов. Поскольку результаты ТМО получены для однородных каналов обслуживания и простейших потоков поступающих заявок, то, соответственно, чем больше отклонения от них, тем менее точными являются конечные результаты. Кроме того, причал как инфраструктурный элемент обычно тождественен причалу как административно-учетной единице. Впоследствии при этом оказывается невозможным использование традиционного коэффициента занятости причала, т. е. канала обслуживания. Причиной этого является быстрый рост размеров судов, который требует строительства причалов большей

длины. Сохранение в эксплуатации судов меньшего размера приводит к появлению значительной неоднородности состава судов, обслуживаемых в большинстве современных морских портов.

Одновременное использование новых причалов для обработки судов разного размера стало приводить к значительной неоднозначности в интерпретации коэффициента занятости, определенного традиционным способом. Действительно, если на таком причале одновременно обрабатывается два или более судна, то время их стоянки при расчете занятости причала складывается. В ряде случаев коэффициент использования увеличивается настолько, что его значение превышает 100 %. С другой стороны, обслуживаемое на длинном причале малое судно по времени может давать приемлемое значение использования, но это касается лишь части длины причальной стенки, т. е. оцениваемого ресурса. В качестве способа устранения этого противоречия операторы и проектировщики терминалов сначала пытались использовать некоторые условные модули, в единицах которых исчисляли причальные фронты [7]. Во второй половине XX в. таким условным модулем для контейнерных терминалов считался линейный участок причала длиной 200 м. Дальнейшее развитие флота и терминалов привело к последовательному увеличению этого модуля (вначале до 250 м, затем до 300 м и далее), что, в конце концов, показало бесперспективность этого подхода. Все эти обстоятельства заставляют искать иные методы оценки объема склада в зависимости от характера неравномерности поступления партий, новые определения и способы оценки занятости причалов в морских портах.

Краткая характеристика методов теории массового обслуживания

Поток заявок характеризуется величиной средней *плотности потока поступления* заявок λ , определяемой как количество заявок в единицу времени. Таким образом, плотность потока заявок есть отношение числа поступивших заявок N к рассматриваемому периоду времени T , т. е. является величиной, обратной среднему *интервалу времени* между заявками:

$$\lambda = \frac{N}{T} = \frac{1}{T_{\text{инт}}} . \quad (1)$$

Каналы обслуживания характеризуются средней *длительностью обслуживания* $T_{\text{обс}}$, для простоты выводов считающейся распределенной по показательному закону. Аналогично потоку поступающих в систему заявок покидающие систему обслуженные заявки характеризуются величиной, обратной длительности обслуживания: $\mu = \frac{1}{T_{\text{обс}}}$, которая носит название *плотности потока освобождения заявок*.

Отношение $\alpha = \frac{\lambda}{\mu}$ называется *приведенной плотностью* потока заявок.

В случае судов приведенная плотность потока заявок составляет

$$\alpha = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{T_{\text{обс}}}{T_{\text{инт}}} . \quad (2)$$

Величина α в формуле (2) показывает, какое количество новых заявок поступает в среднем в систему за время обработки одной заявки. Приведенная плотность связана с числом каналов обслуживания и их занятостью. Действительно, среднее число заявок, поступивших в течение произвольного интервала времени T , равно N или $T = T_{\text{инт}} \cdot N$. Совокупный бюджет времени, беспечиваемый n каналами обслуживания за этот интервал времени — $T_{\text{бюдж}} = T \cdot n$; суммарное время занятости каналов за этот интервал времени — $T_{\text{раб}} = N \cdot T_{\text{обс}}$, откуда

$$k_{\text{исп}} = \frac{T_{\text{раб}}}{T_{\text{бюдж}}} = \frac{N \cdot T_{\text{обс}}}{T \cdot n} = \frac{N \cdot T_{\text{обс}}}{T_{\text{инт}} \cdot N \cdot n} = \frac{T_{\text{обс}}}{T_{\text{инт}} \cdot n} = \frac{\alpha}{n} \text{ или } \alpha = k_{\text{исп}} \cdot n . \quad (3)$$

Из выражения (3) следует, что граничный случай $\alpha = n$ связан со 100 % занятостью каналов обслуживания. В аналитических методах оценки требуемого количества каналов обслуживания, содержащихся в нормативных документах [8], обычно используется именно это соотношение.

В то же время как при $\alpha = n$, так и при $\alpha < n$ возникает очередь заявок, ожидающих обслуживания. В ТМО получены соотношения, которые для известных α и n позволяют оценить среднее время ожидания заявки (судна) в очереди на обслуживание и их среднее количество заявок (судов), находящихся в этой очереди. При $\alpha < n$ максимальное количество заявок (судов) может наблюдаться достаточно редко, в связи с чем требуется оценить «оптимально достаточное» количество каналов (причалов) n по критерию приведенных затрат. Недостаточное количество (дефицит) причалов приведет к возникновению очереди и связанным с ней потерям первого рода, избыток — к их неэффективному использованию, или потерям второго рода. Задавшись относительными удельными весами потерь от нахождения в очереди и оценив суммарную их величину, можно сравнить их с затратами на строительство дополнительных причалов, что и позволит определить *оптимальное* число причалов $n_{\text{опт}}$. Подобные аналитические результаты в явном (аналитическом, формульном, интенсивном) виде получены лишь для нескольких видов потоков событий: простейшего, нестационарного пуассоновского, потоков с ограниченным последствием — Пальма или Эрланга различных порядков. Тем не менее ТМО дала решение многих практически важных частных задач.

Указанные семейства зависимостей впервые были приведены в руководстве UNCTAD [9] в виде таблиц, без подробного обоснования и со скупыми ссылками на весьма специальную и труднодоступную литературу. На рис. 1 показаны семейства графиков, соответствующие таблицам [9], но полученные аналитически.

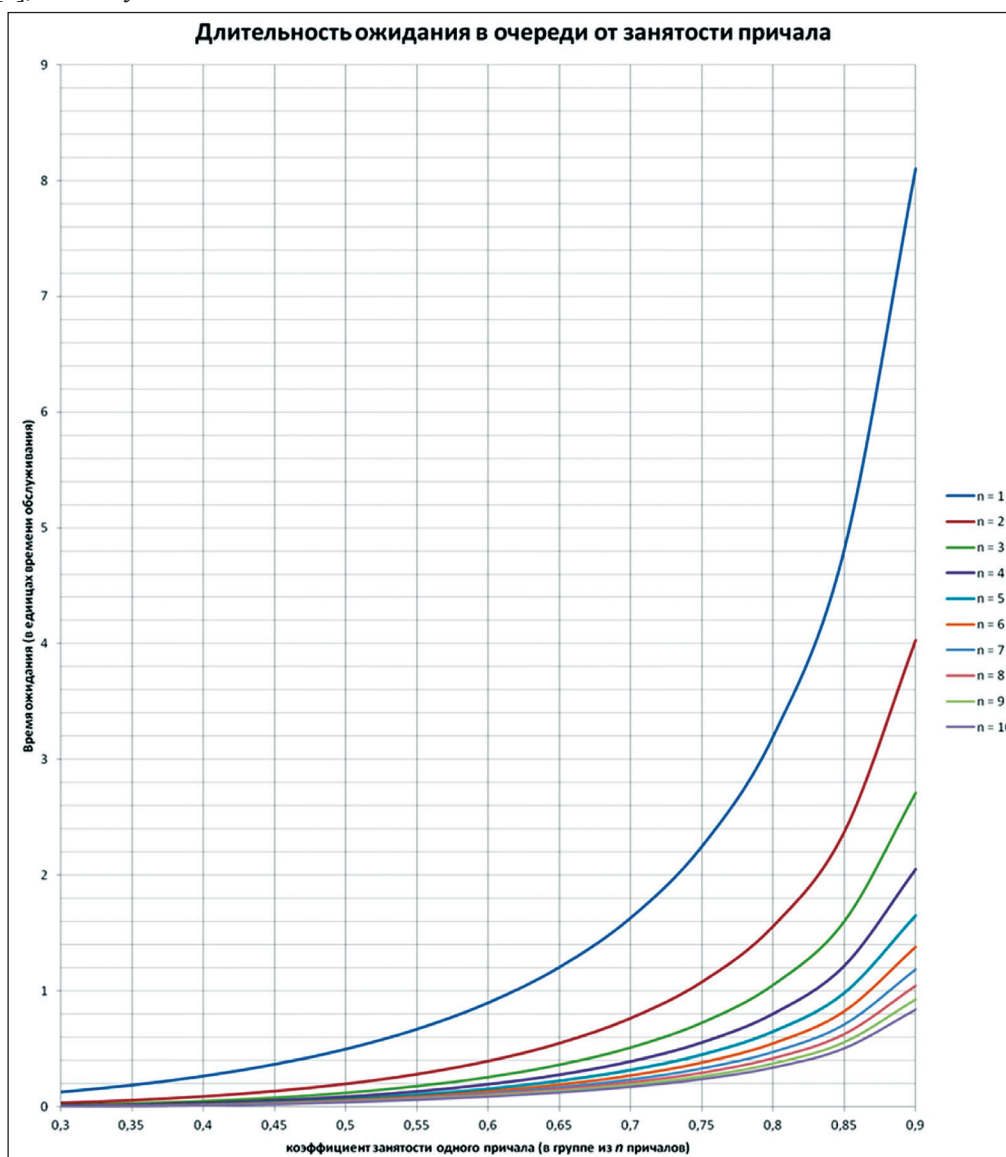


Рис. 1. Время ожидания в очереди на обслуживание

Пропущенное логическое звено в изложении материала, с одной стороны, и практическая полезность методики — с другой, в течение десятилетий сформировали отношение к данной методике как к истине в последней инстанции, создав препятствие для критического переосмысления, установления границ робастности и развития предлагаемых методов. Следствием этого стало и повсеместное использование величины в качестве исходного аргумента для расчетов, хотя по своему смыслу она носит промежуточный характер. В реальности исходным расчетным параметром всегда является грузопоток Q , описывающий поток заявок за исследуемый период. Логичнее было бы получить зависимости от грузопотока и количества причалов в порту двух основных параметров, интересующих судовладельца и портового оператора: среднего времени ожидания в очереди и коэффициента занятости. Учетом полученных значений, а именно вместимости среднего судна V и среднего времени его обслуживания $T_{\text{обс}}$, по классическим формулам могут быть получены искомые зависимости относительного ожидания и занятости причалов (рис. 2 и 3).

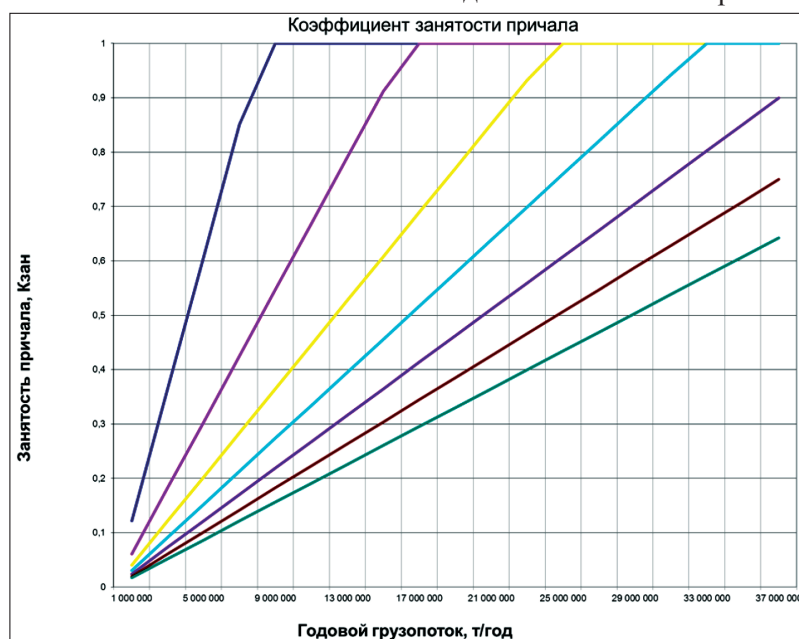


Рис. 2. Занятость причалов как функция грузопотока

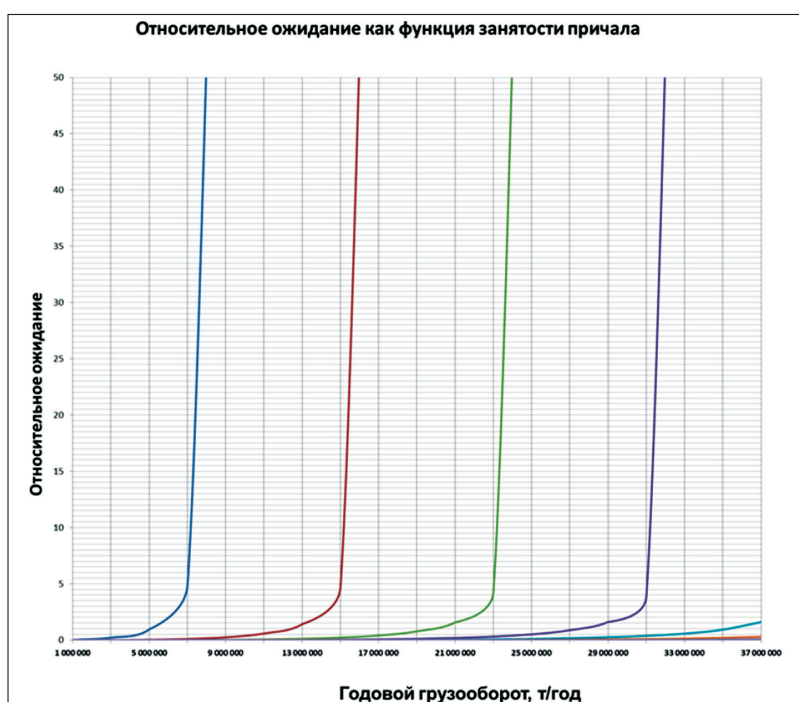


Рис. 3. Относительное ожидание как функции грузопотока

Иными словами, ТМО предоставляет аналитический расчетный инструмент, многократным повторным применением которого можно получить основные характеристики работы порта, интересующие его владельцев (стивидорных операторов) и клиентов (судоходные компании). Управляющим параметром служит грузопоток, возможными изменяемыми параметрами являются вместимость судна, количество причалов и интенсивность обработки судов на них. Условно структура модели показана на рис. 4.

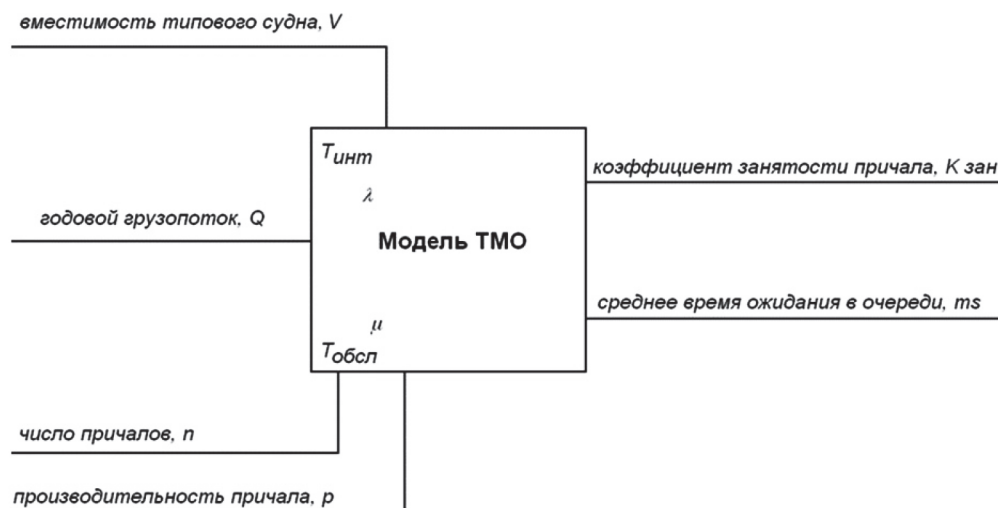


Рис. 4. Структура модели теории массового обслуживания

Существенным ограничением для использования методов теории массового обслуживания является природа потока транспортных средств. Как правило, в большинстве реальных случаев нарушаются основные требования к потоку, позволяющие использовать известные теоретические методы. В частности, поток транспорта практически никогда не бывает стационарным, поскольку коммерческие условия работы терминала и смежных объектов в цепи поставок (расписание движения, работа подходных каналов, внешних складов, органов контроля, офисов, действия муниципальных властей и т. д.) вызывают существенные неравномерности поступления транспорта. Эти неравномерности носят сезонный (летние поставки продуктов, квоты и пр.), месячный (например, предновогодняя торговля), недельный (увеличение потока в пятницу и понедельник), сменный (дневная развозка прямо в пункты торговли) и часовой (начало рабочего дня) характер. Возможное наложение всех этих факторов приводит к тому, что интенсивность поступления заявок на обслуживание от заданного проектом среднего значения отличается не на проценты, а в разы. Это вызывает методический вопрос: *на какую интенсивность ориентироваться при расчете характеристик: среднюю, которая не будет наблюдаться никогда (чаще всего реальные значения будут несколько ниже как компенсация пиковых всплесков), или максимальную, которая будет наблюдаться лишь в течение короткого промежутка времени.* В первом случае всплески интенсивности будут приводить к образованию очередей, для чего спланированная мощность может оказаться недостаточной. Во втором случае запланированное количество пунктов обслуживания, а значит, и связанные с ними ресурсы большую часть времени использоваться не будет.

В наиболее часто встречающейся постановке эта проблема может быть сформулирована следующим образом: рассчитываемыми ресурсами является число каналов обслуживания, определяемое из максимально допустимой длины очереди, заданными величинами являются интенсивности поступления и время обслуживания. В задании на проектирование следует указать, какой критерий и для какого грузопотока (максимального, среднего, минимального) используется и с каким качеством (время ожидания, длина очереди), какие ограничения являются строгими, а какие могут быть временно нарушены, на какое время и т. д. При отсутствии у заказчика предположений

о характере грузопотока, жесткости ограничений и потерь, связанных с дефицитом или избытком проектных ресурсов, следует выполнить расчет нескольких полярных вариантов.

Очевидно, что влияние того или иного закона распределения интервалов поступления партий на склад может оказаться намного значительным, чем это позволяет оценить распределение по тому или иному простому статистическому закону: показательному, степенному, нормальному, Эрланга и т. д. Это влияние может оказаться также более значительным, чем колебания объемов партий.

Следует учесть, что все результаты ТМО выведены для однородных по природе каналов обслуживания и поступающих заявок. Чем больше различия в этих элементах, тем менее точными становятся получаемые результаты.

Подход на основе имитационного моделирования

В основе модели, предлагаемой в данной работе в качестве более адекватного расчетного инструмента для технологического проектирования, лежат идеи, сформулированные в работе [10]. Пусть имеется заданный для рассматриваемого порта или грузового терминала грузопоток Q , который реализуется за некоторый выбранный интервал времени T (например, год, месяц или неделя) судами, вместимость которых задана дискретным распределением $P(V)$, например, как на рис. 5. Это распределение задает частоту p_i появления в потоке из N судозаходов за время T судов вместимостью v_i , что позволяет определить среднее количество судов каждого типа в потоке, состоящем из N судозаходов. Таким образом, для каждого типа судов появляется возможность оценить средний интервал между ними в потоке: $\tau_i = T/n_i$.

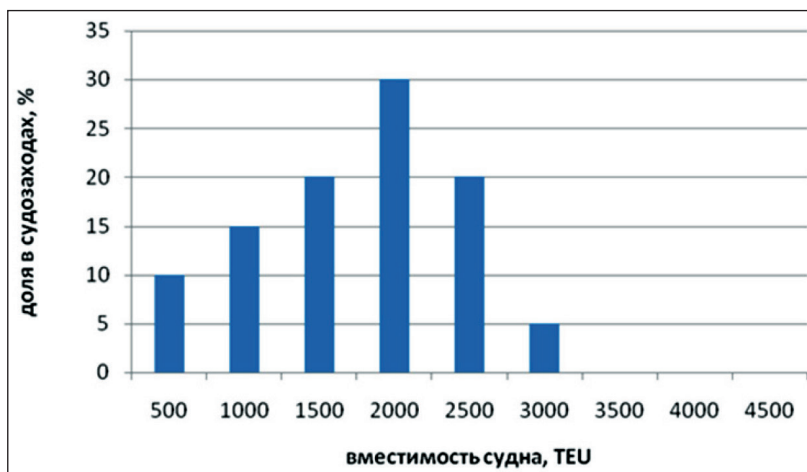


Рис. 5. Гистограмма распределения вместимости флота

Применение формул (1) – (3) позволяет для заданного грузопотока Q в течение выбранного интервала времени T по заданному распределению вместимости судов $P(V)$ вычислить средний интервал между подходами судов каждого класса (вместимости) v_i . В отдельные частные потоки могут быть также сведены суда равной вместимости, но различающиеся законами распределения интервала между ними.

Предположим далее, что для обработки судов имеется несколько различных причалов B_k : $k = 1, \dots, K$, характеристики которых (длина, допустимая осадка, оборудование, коммерческие условия контрактов с линиями и т. д.) позволяют принимать не все суда, а производительность оборудования дает возможность обрабатывать их за разные интервалы времени. В общем случае оборудование может составлять единый пул, распределяемый по тем или иным законам между отдельными причалами.

Введем в рассмотрение матрицу $[t_{ik}]$, элемент t_{ik} которой показывает, за какое время судно вместимости v_i обслуживается у причала B_k . Будем считать, что если $t_{ik} = 0$, то судно не может обслуживаться у данного причала (рис. 6):

$$\begin{vmatrix} t_{11} & t_{12} & \dots & t_{1K} \\ t_{21} & t_{22} & \dots & t_{2K} \\ & & \dots & \\ t_{i1} & t_{i2} & \dots & t_{iK} \\ & & \dots & \\ t_{I1} & t_{I2} & \dots & t_{IK} \end{vmatrix} \quad (4)$$

Рис. 6. Матрица обслуживания судна у причала

Входные потоки, рассматриваемые в данном исследовании, можно интерпретировать двумя способами: как разворачивающуюся во времени картину наступления тех или иных событий (прихода судов, постановки их к причалам или в очередь на обслуживание, освобождения причалов и пр.) или как сгенерированную за весь анализируемый период времени T картину уже фиксированных основных событий (захода судов в порт). Каждая из указанных интерпретаций имеет свои преимущества и недостатки. Для реализации требования минимизации вычислительных ресурсов, скорее всего, следует выбирать первую форму представления. В этом случае наиболее подходящей формой будет являться имитационное моделирование. Для наглядности описания, вариативного анализа, интерактивного вмешательства, ретроспективного разбора и др. удобнее представляется использовать второй способ.

На рис. 7 представлена структура предлагаемой модели.

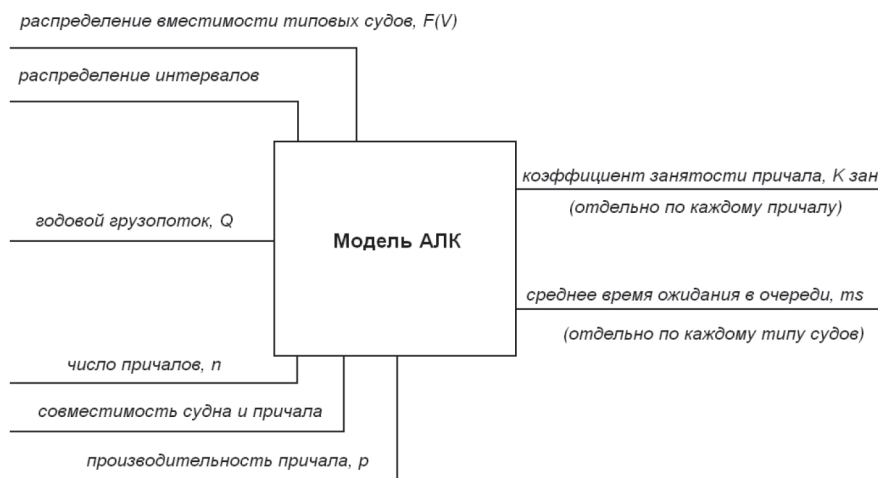


Рис. 7. Структура предлагаемой модели

Выходными величинами являются две векторных переменных: вектор средних коэффициентов занятости причалов

$$K_{\text{зан}} = \{k_{\text{зан}}^m\},$$

$$\text{где } k_{\text{зан}}^m = (\sum_k \cdot l_k^m \cdot t_k^m) / (L_m \cdot T_6);$$

l_k^m — длина судна k , обслуженного на причале m ;

t_k^m — время обслуживания судна k на причале m ;

L_m — длина причала m ;

T_6 — бюджет времени причала m ,

и вектор среднего времени ожидания в очереди по типам судов:

$$T_{\text{ожд}} = \{t_{\text{ожд}}^i\},$$

где $t_{\text{ожд}}^i = \sum_k t_{\text{очрд}_i}^k / \sum_k t_{\text{обсл}}^k$,
 $t_{\text{очрд}_i}^k$ — ожидание в очереди судна k типа i ;
 $t_{\text{обсл}}^k$ — время обслуживания судна k типа i .

Интегральными скалярными оценками для этих векторных величин являются средняя занятость причалов порта $k_{\text{зан}}^m = (\sum l_k \cdot t_k) / (L \cdot T_0)$ и среднее время ожидания по всем судам $T_{\text{ожд}}^{\text{ср}} = (\sum t_k^{\text{очрд}}) / (\sum t_{\text{обсл}}^{\text{ср}})$.

Планирование экспериментов и результаты моделирования

Имитационная модель совокупности причальных фронтов допускает моделирование произвольного судопотока (различные законы распределения интервалов, вместимость судов, время обработки у различных причалов) и произвольного количества невзаимозаменяемых причалов, специализирующихся по видам грузов, типам судов, коммерческой принадлежности. Прямое сравнение результатов моделирования с аналитическими расчетами невозможно, поскольку последние не обладают в состоянии учесть все указанные факторы. Для доказательства адекватности модели параметры судопотока и причалов устанавливались в соответствии с требованиями ТМО, и полученное совпадение служило доказательством адекватности используемой модели.

На рис. 8 и 9 показаны типичные результаты моделирования судопотока, представленного десятью различными типами судов, каждый из которых обслуживается на своем подмножестве причальных фронтов.

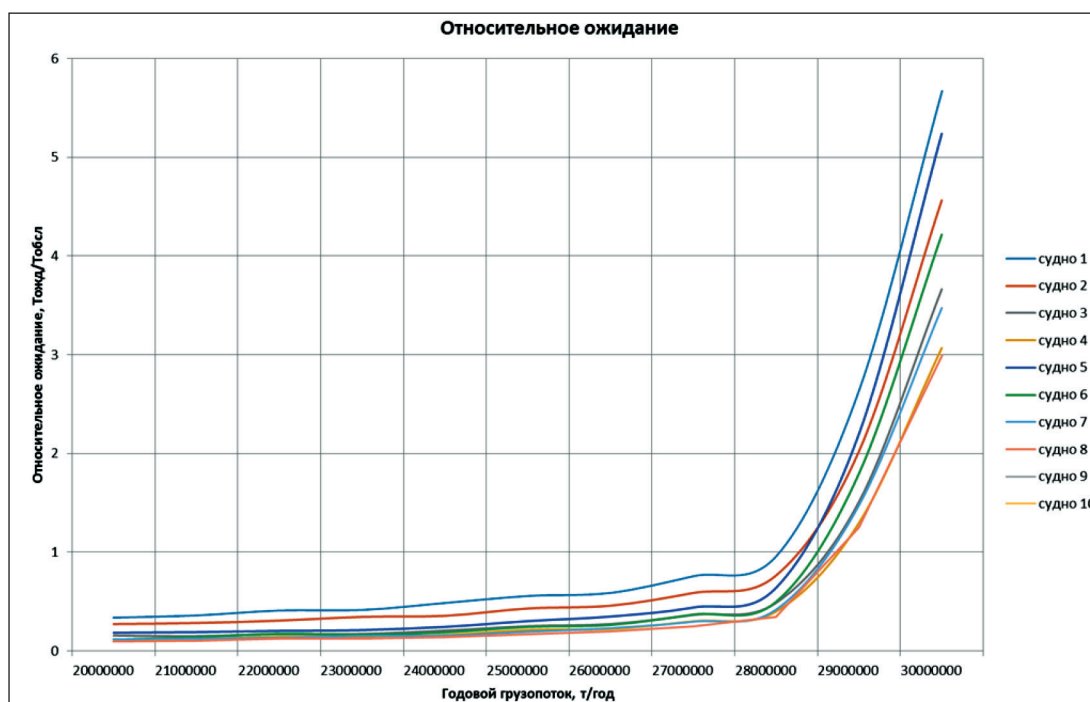


Рис. 8. Полученные моделированием значения относительное ожидание

Из приведенных на рис. 9 данных видно, что с изменением грузопротока от 20 до 27 млн условных тонн относительное ожидание для всех классов судов и занятость всех причалов равномерно растут. В районе 27 – 28 млн т начинается резкий рост относительного ожидания, что свидетельствует о достижении пропускной способности причального фронта. Косвенным доказательством служит также приближение занятости всех причальных фронтов к 100 %. Для выбранного проектного объема грузопротока (например, 27 млн т) можно провести серии экспериментов, позволяющих оценить образующуюся очередь судов в ожидании обслуживания. На рис. 10 и 11 показаны динамика очереди за период моделирования (год, или 8760 ч) и гистограмма распределения длины очереди в этом эксперименте.

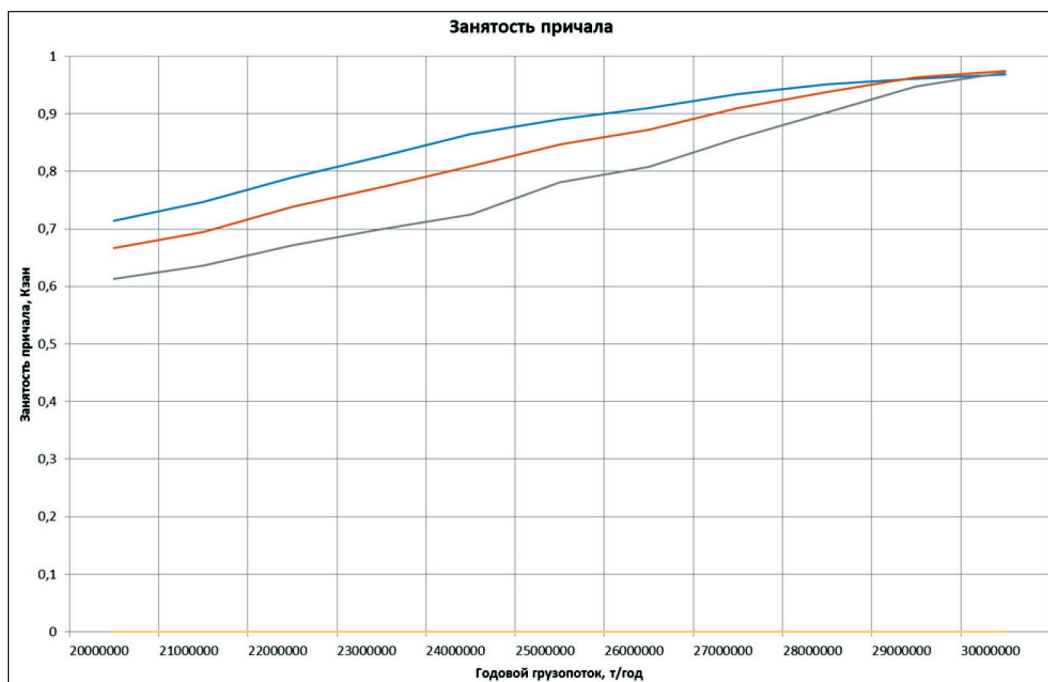


Рис. 9. Полученные моделированием графики занятости причалов

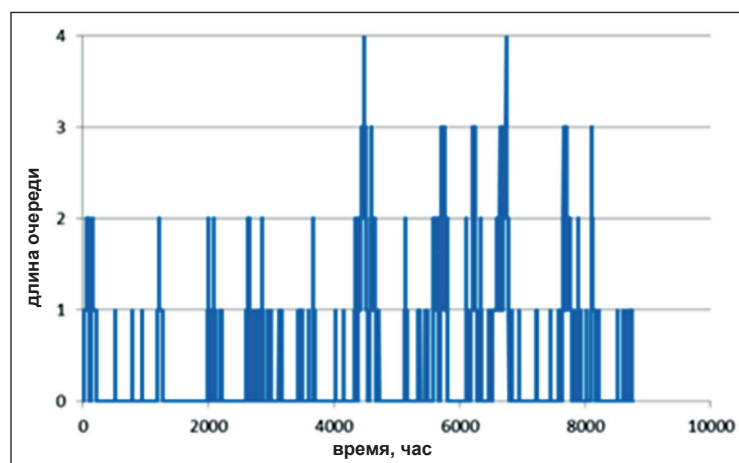


Рис. 10. Полученная моделированием динамика очереди судов

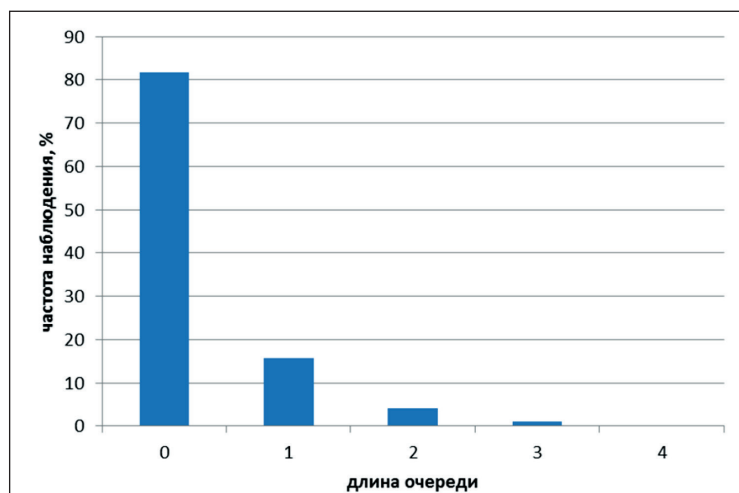


Рис. 11. Гистограмма распределения значений длины очереди

Отдельные серии экспериментов с моделями дают интересующие нас оценки значений. Для получения достоверных оценок эксперименты следует планировать таким образом, чтобы их результаты, примеры которых показаны на рис. 8 – 11, незначительно отличались друг от друга, что является функциональным аналогом метода доверительных интервалов.

Выводы

1. В статье проанализированы методологические принципы, лежащие в основе методов традиционного аналитического расчета требуемого числа причалов, на основании которых сделан вывод о невозможности использования указанных нормативных методов для оценки потребности современных портовоориентированных логистических кластеров в причальных фронтах.

2. Существующие и рекомендуемые к использованию в соответствии с нормативными документами методы строятся на предположении об однородных каналах обслуживания (причалах), однородных заявках (судах), простейшем характере случайного потока заявок, что оказывается совершенно неприемлемым для рассматриваемой задачи.

3. В качестве необходимого расчетного инструмента предлагается использовать имитационную модель, допускающую различные дисциплины судозаходов, множественные типы судов и невзаимозаменяемые причальные фронты.

4. Обоснована необходимость установления адекватности предлагаемого инструмента, в качестве средства доказательства выбрано последовательное сравнение получаемых результатов с аналитическими методами и методами ТМО.

5. Обсуждаются эксперименты предлагаемого метода, предоставляемые им новые возможности и эффективность для решения поставленной проблемы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецов А. Л. Транспортный узел: к вопросу об организации деятельности / А. Л. Кузнецов, Я. Я. Эглит, А. В. Кириченко // Транспорт Российской Федерации. — 2013. — № 1 (44). — С. 30–33.
2. Кириченко А. В. Взаимоотношения города и порта: Эволюция и перспективы / А. В. Кириченко, А. Л. Кузнецов // Транспорт Российской Федерации. — 2014. — № 1 (50). — С. 12–15.
3. Кузнецов А. Л. Пространственное развитие портов / А. Л. Кузнецов, А. В. Галин // Инновации. — 2015. — № 2 (208). — С. 115–120.
4. Кузнецов А. Л. Генезис моделей развития портов в современной транспортной науке / А. Л. Кузнецов, А. В. Галин // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2015. — № 2 (30). — С. 141–153.
5. Кузнецов А. Л. Классификация и функциональное моделирование эшелонированных контейнерных терминалов / А. Л. Кузнецов, А. В. Кириченко, А. А. Давыденко // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2015. — № 6 (34). — С. 7–16.
6. Kuznetsov A. L. Simulation tool for service quality and berth occupation assessment / A. L. Kuznetsov, A. V. Kirichenko // Proceedings of the 15th International Conference Reliability and Statistics in Transportation and Communication (RelSta'15), 21–24 October 2015, Riga, Latvia. — 2015. — P. 40.
7. Кузнецов А. Л. Схемы обработки морских торговых судов с контейнеризованным грузом / А. Л. Кузнецов, А. В. Кириченко // Транспорт Российской Федерации. — 2014. — Тематическое приложение 1. — С. 45–47.
8. Нормы технологического проектирования морских портов. РД 31.3.05-97. — М.: Министерство транспорта Российской Федерации, 1998. — 177 с.
9. Port development. A handbook for planners in developing countries. — Second edition. — New York: UNCTAD, 1985. — 228 p.
10. Kuznetsov A. L. Simulation for Service Quality and Berths Occupancy Assessment / A. L. Kuznetsov, A. V. Kirichenko // TransNav: International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation. — 2016. — Vol. 10. — Nr. 3. — Pp. 489–492. DOI: 10.12716/1001.10.03.14.

ASSESSMENT OF THE BERTH DEMANDS FOR THE PORT-ORIENTED LOGISTIC CLUSTER

The paper analyses the trend of port-oriented logistic clusters' development where sea cargo fronts play more and more important role. The key role of the berths in the resulting efficiency of these infrastructural objects is identified. The task of the complex berth capacity evaluation of heterogenous nature is discussed and defined. The port is a natural location place of collision of many participants' interests. A contradiction between well-known techniques recommended by the technologic norms of sea port design and the practical demands is shown. The gnoseological reasons for this contradiction are identified. The limitation of the classic queuing theory models is discussed. As the result of this discussion, the paper offers a new evaluation techniques base on the object-oriented simulation. There are certain recommendation concerning the experiment planning procedure. The non-inerchangability of the berths is assumed both in cargo/vessels aspect and commercial factors. The paper discusses the results of simulation experiments proving the adequacy and resultativeness of the propsed techniques for the assessment of the berth demands for the port-oriented logistic cluster. The models put forward by this investigation provide the features which can not be achieved by any analytic or quering theory models, thus offering an unique and powerful tool for the port design technology.

Keywords: logistic clusters, port design techniques, queuing theory, agent simulation.

REFERENCES

1. Kuznetsov, A. L., Ya. Ya. Eglit, and A. V. Kirichenko. "On the issue of organising the operation of a transport hub." *Transport of the Russian Federations* 1(44) (2013): 30–33.
2. Kirichenko, A. V., and A. L. Kuznetsov. "Interrelations between cities and ports: evolution and perspectives." *Transport of the Russian Federations* 1(50) (2014): 12–15.
3. Kuznezov, A. L., and A. V. Galin. "Spatial development of ports." *Innovations* 2(208) (2015): 115–120.
4. Kuznetsov, A. L., and Galin A. V. "The genesis of port development models in modern transportation science." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 2(30) (2015): 141–153.
5. Kuznetsov, Aleksandr Lvovich, Aleksandr Viktorovich Kirichenko, and Aleksandr Aleksandrovich Davydenko. "Classification and functional modeling of echeloned container terminals." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 6(34) (2015): C. 7–16.
6. Kuznetsov, A. L., and A. V. Kirichenko. "Simulation tool for service quality and berth occupation assessment." *Proceedings of the 15th International Conference Reliability and Statistics in Transportation and Communication (RelSta'15), 21-24 October 2015, Riga, Latvia.* 2015. P. 40.
7. Kuznetsov, A. L., and A. V. Kirichenko. "Shemy obrabotki morskikh togovykh sudov s kontejnerizirovannym gruzom." *Transport of the Russian Federations Tematicheskoe prilozhenie 1* (2014): 45–47.
8. Russian Federation. RD 31.3.05-97. Normy tehnologicheskogo proektirovaniya morskikh portov. M.: Ministerstvo transporta Rossijskoj Federacii, 1998.
9. *Port development. A handbook for planners in developing countries.* Second edition. New York: UNCTAD, 1985.
10. Kuznetsov, A. L., and A. V. Kirichenko. "Simulation for Service Quality and Berths Occupancy Assessment." *TransNav: International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation* 10.3 (2016): 489–492. DOI: 10.12716/1001.10.03.14.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Давыденко Александр Александрович — кандидат экономических наук. Председатель. Исполнительный комитет Координационного транспортного совещания государств-участников Содружества Независимых Государств
kaf_pgt@gumrf.ru
Китиков Алексей Николаевич — аспирант. Научный руководитель:
Кузнецов Александр Львович — доктор технических наук, профессор. ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова»
kaf_pgt@gumrf.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Davydenko Aleksandr Aleksandrovich — PhD. Chairman. Executive committee of the Coordination Transport Meeting of States-members of the Commonwealth of Independent States
kaf_pgt@gumrf.ru
Kitikov Aleksey Nikolaevich — postgraduate. Supervisor:
Kuznetsov Aleksandr Lvovic — Dr. of Technical Sciences, professor. Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping
kaf_pgt@gumrf.ru

Статья поступила в редакцию 11 ноября 2016 г.