

DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-4-713-723

## SIMULATION FOR THE EVALUATION OF THE SEA PORT STORAGE'S PARAMETERS

**S. S. Valkova**

Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping,  
St. Petersburg, Russian Federation

*The permanent growth of the competition among the sea trade ports in the global logistic space is an attribute of the current state of the world trade development. This paper deals with a new role of sea trade ports in vertical links and horizontal echelons of global supply chains put a pressure on commercial aspects of their operations, which reflects in required technical characteristics. It states that technologic changes, narrowed specialization and quick growth of ship sizes firstly induce the increase in demands for bigger throughput capacity of the port complexes. Environmental restriction in majority of cases exclude a simple extensive territory development, since historically ports usually develop in the centers of urbanistic regions. The article shows that the increased capitalization of port development due to introduction of new technologies and complicated facilities causes the growth of commercial risks in dedicated projects. In the same time, the deficit of port facilities deteriorates the port service quality and threatens the port's market stability. All these factors lead to radical changes of demands, norms and quality of the technologic development and project of sea port complexes. The losses connected with the inadequate utilization of port facilities should be balanced with the losses connected with their deficit, so the technologic design is expected to produce data and information required to take this decision. The methods used today were developed in the abandoned paradigm of administrative economy, and their usage causes a potential danger for successful commercial operation activity of the port complexes. Consequently, the development of new, more adequate and precise methods for evaluation of main structural parameters of port complexes form a very actual tasks. The paper describes one method of this kind, the evaluation of the sea port storage's parameters by simulation.*

Keywords: sea port, stock, storage, simulation.

**For citation:**

Valkova, Svetlana S. "Simulation for the evaluation of the sea port storage's parameters." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admiral S. O. Makarova* 10.4 (2018): 713–723. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-4-713-723.

**УДК 656:6**

## ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ СКЛАДА МОРСКОГО ПОРТА МЕТОДАМИ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

**С. С. Валькова**

ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»,  
Санкт-Петербург, Российская Федерация

*Одним из атрибутов современного этапа развития мировой системы транспортировки грузов служит постоянно растущая конкуренция морских портов в глобальном транспортном пространстве. В статье изучено изменение роли морских портов во всех вертикальных звеньях и горизонтальных эшелонах логистических цепей, которое оказывает давление на качественные параметры их деятельности. Отмечено, как изменившиеся технологические факторы, усложнившаяся специализация и быстрый рост размеров судов приводят к резкому росту требований к пропускной способности портовых комплексов, в то время как экологические ограничения в большинстве случаев исключают простое экстенсивное развитие морских портов, как правило, исторически оказывающихся в пределах селитебных территорий. Показано, что повысившаяся вследствие внедрения новых технологий грузообработки специализация элементов портовой инфраструктуры в этих условиях приводит к значительным рискам при реализации портовых проектов. Выявлено, что дефицит портовых мощностей снижает качество обслуживания грузоперевозчиков и создает угрозы конкурентной позиции морского порта, которое вызывает коренное*

*изменение условий, норм и качества технологического проектирования портовых комплексов. При проработке вопросов учитывалось, что потери вследствие недостаточной эффективности использования операционных ресурсов должны быть сбалансированы с потерями от их дефицита, и технологическое проектирование должно предоставлять для этого соответствующую информацию и данные. Используемые сегодня методы проектирования морских портов, разработанные в парадигме утратившей актуальность командно-административной экономической системы, становятся источником потенциальной опасности для успешности коммерческой деятельности морского порта. В статье делается вывод о том, что проблема создания новых, более адекватных и точных методов расчета параметров основных структурных элементов порт становится все более актуальной. Поскольку, в первую очередь, к таким капиталоемким структурным элементам относятся складские мощности, в статье предлагается более точный и эффективный метод оценки соответствующих технологических параметров. Показано, что научной основой соответствующего исследования является разработка способов работы со входными, промежуточными и выходными расчетными параметрами не как с детерминированными, а как со случайными величинами.*

*Ключевые слова: морские порты, склады, теория запасов, моделирование.*

**Для цитирования:**

*Валькова С. С. Оценка параметров склада морского порта методами имитационного моделирования / С. С. Валькова // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2018. — Т. 10. — № 4. — С. 713–723. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-4-713-723.*

### **Введение (Introduction)**

Изменение роли морских портов в современной международной торговле и обеспечивающей ее глобальной логистической системе отмечается многими источниками. В работе [1], например, формулируется новый функциональный домен современного морского порта, в [2] идентифицированы новые роли и качественные показатели их работы. Задача качественного повышения эффективности использования складских мощностей морского порта как центрального и во многом системообразующего элемента в них признается одной из наиболее актуальных при технологическом проектировании этих важнейших для объектов транспортной инфраструктуры [3] – [4]. Вопросам оценки технологических параметров операционных складов морских портов и терминалов посвящены работы многих зарубежных и отечественных исследователей [5] – [10].

Обширный справочный материал и практические рекомендации содержатся в изданиях, периодически публикуемых World Bank, UNCTAD, НРС и др. [11] – [13]. Однако, несмотря на фундаментальную проработку многих научных проблем, ряд важных задач, касающихся рационализации проектирования складских портовых мощностей, остаются нерешенными. Для решения этой задачи необходимо на основании современных транспортно-логистических представлений идентифицировать и ранжировать основные функции склада морского порта, оценить адекватность существующих методов технологического проектирования морских портов, сформулировать требования и определить характеристики новых инструментов проектирования в части определения требуемой вместимости складов морского порта. Это, в свою очередь, позволит создать последовательность имитационных моделей обобщенного склада морского порта в качестве центрального элемента исследований, фокусирующихся на динамике поведения объема хранения.

Разработанная совокупность аналитических, статистических и имитационных моделей должна предоставить возможность оценки последствий периодически возникающего дефицита складских мощностей при заданных статистических неоднородностях грузопотоков морского и сухопутного транспорта. Для доказательства адекватности, результативности и эффективности предлагаемого методического инструментария технологического проектирования следует обосновать соответствующую процедуру, отсутствие которой не позволит перевести все результаты из области теоретических построений в сферу практического использования. После завершения соответствующей процедуры необходимо выполнить экспериментальную оценку эффективности созданного инструмента проектирования, что позволит предложить методику ее использования в технологическом проектировании, планировании и управлении работой морского порта [14] – [15].

Цель описываемого в данной работе исследования состоит в повышении эффективности использования основного структурного элемента морского порта, складских мощностей путем определения технологически обоснованных параметров, обеспечивающих баланс их нехватки и недоиспользования. Средством оценки технологических параметров являются методы аналитического, вероятностно-статистического и имитационного моделирования, что позволит повысить эффективность операций всего морского порта. Способом достижения этой цели является создание теоретически обоснованного метода многокритериальной оптимизации и рационализации размеров склада морского порта как его основного технологического ресурса, учитывающего качество оказываемых портом услуг, а также выявление механизмов влияния стохастических факторов на работу склада и порта в целом.

### Методы и материалы (Methods and Materials)

В работе [15] автором были сформулированы следующие основные функции склада морского порта:

- передача грузопотоков между различными видами транспорта;
- преобразование формы грузопотока;
- согласование размеров партий сопрягаемых видов транспорта;
- демпфирование неравномерности работы транспорта;
- коммерческое хранение грузов;
- логистическая доработка грузов.

Там же была дана универсальная функциональная структура транспортно-технологической системы порта или терминала общего вида, отражающая специфику выполнения указанных функций и определяющая роль в них склада (рис. 1).

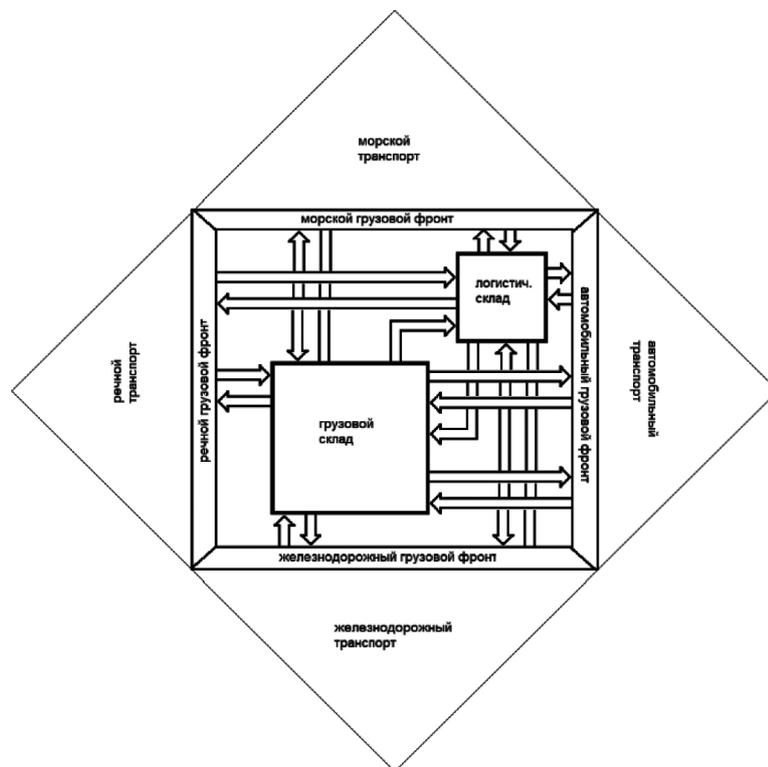


Рис. 1. Универсальная функциональная структура морского порта

Динамика изменения объема хранения груза определяется всего двумя процессами, а именно: поступлением его на склад и вывозом со склада. Точнее, мгновенный объем хранения груза в момент  $t$  есть разница между объемом завезенного и вывезенного груза:

$$E(t) = I(t) - o(t), \quad (1)$$

где  $E(t)$  — объем хранения в момент времени  $t$ ;  $I(t)$  — суммарный объем завезенного груза;  $o(t)$  — суммарный объем вывезенного груза.

Обозначив как  $\Delta e(t)$ ,  $\Delta i(t)$ ,  $\Delta o(t)$  приращения объема хранимого, завезенного и вывезенного груза, можно преобразовать соотношение (1) в его конечно-разностный аналог:

$$\Delta e(t) = \Delta i(t) - \Delta o(t). \quad (2)$$

Отсюда следует, что скорость изменения объема складирования  $e(t)$  есть разница между скоростью поступления груза на склад  $i(t)$  и скоростью вывоза груза с него  $o(t)$ :

$$e(t) = i(t) - o(t). \quad (3)$$

Дифференцирование уравнения (1) дает уравнение (3), но последнему сопоставляется семейство первообразных функций:

$$E(t) = \int_0^t e(t) dt = \int_0^t i(t) dt - \int_0^t o(t) dt = I(t) - o(t) + C. \quad (4)$$

В этом уравнении  $C$  — произвольная константа, и различные склады, описываемые одним уравнением (3), показывают одинаковую динамику относительных изменений при различии абсолютных значений этой величины  $C$ .

В работе [16] автором показано, что любые измерения и результаты моделирования обычно представлены величинами  $i(t)$  и  $o(t)$ , в то время как практические потребности определяются значением  $E(t)$ . Указанная постоянная характеризует компоненту объема складирования, отвечающую за внешнее (коммерческое) складирование. За характер и размеры колебания объема хранимого груза ответственны пространственно-временные различия:  $\Delta i(t)$  и  $\Delta o(t)$ . Пространственная компонента связана с различными типовыми размерами транспортных партий по видам, временная компонента связана с неравномерностью поступления транспортных средств.

Обозначив  $T_{\text{инт}}$  как средний интервал между поступлениями грузовых партий на склад, среднее значение объема хранения в расчетно-аналитических методах можно выразить в виде

$$E = \frac{NVT_{\text{xp}}}{365} = \frac{VT_{\text{xp}}}{T_{\text{инт}}}. \quad (5)$$

Для обычно предполагаемого с целью упрощения расчетов равномерного треугольного закона формирования грузовых партий, при котором время хранения составляет половину времени формирования партии  $T_{\text{xp}} = 2T_{\text{фор}}$ , формула (4) позволяет оценить не только средний, но и максимальный объем хранения груза, т. е. размер склада:

$$E_{\text{max}} = \frac{VT_{\text{xp}}}{T_{\text{инт}}} + \frac{V}{2} = \frac{VT_{\text{фор}}}{2T_{\text{инт}}} + \frac{V}{2} = \frac{V}{2} \cdot \left( \frac{T_{\text{фор}}}{T_{\text{инт}}} + 1 \right). \quad (6)$$

Именно такой вид формулы предлагается в Нормах технологического проектирования морских портов, которые в настоящее время жестко регламентируют применяемые методы и используемые процедуры технологического проектирования. Однако на вид результирующей кривой более существенное влияние оказывают иные факторы, такие как колебания размеров партий и неравномерности их поступления (рис. 2).

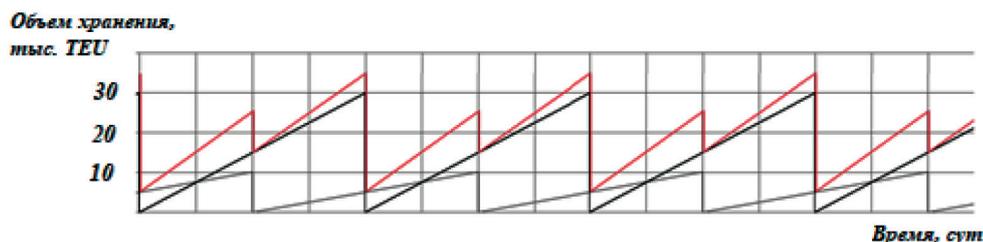


Рис. 2. Динамика изменения объема хранения при колебаниях размера партий

Для получения более информативных оценок объема хранения в исследовании был использован метод статистических испытаний, схема которого предполагала последовательной генерации значений наборов случайных величин, входящих в исследуемую зависимость, и использование сгенерированных значений для вычисления значения функции по одной из формул (4) – (5).

Многократное повторение испытаний дает статистический массив значений случайной величины, обработка которого формирует приближение интегральной функции распределения. Например, на рис. 3 представлены интегральные функции распределения случайных величин (непрерывных и дискретных).

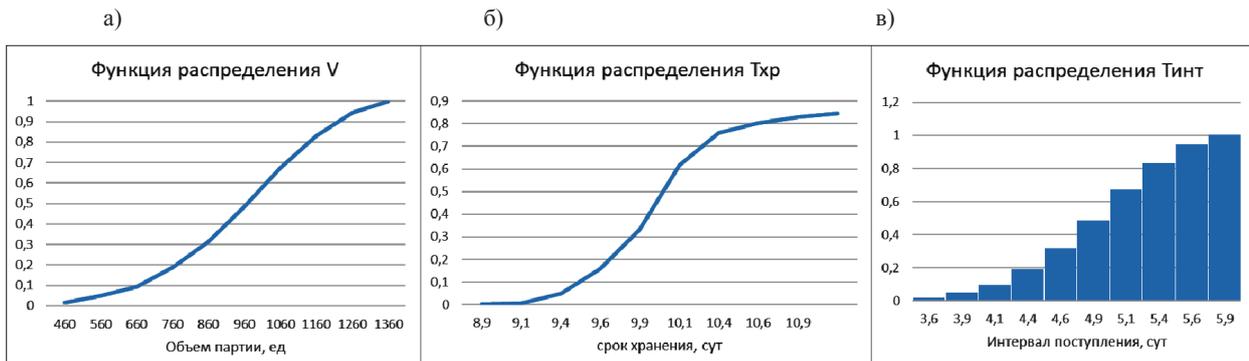


Рис. 3. Функции распределения исходных расчетных величин:  
 а — объем партии; б — срок хранения; в — интервал судозахода

На рис. 4 показана гистограмма плотности распределения вероятности значений объема хранения на складе для данного примера.



Рис. 4. Гистограмма плотности распределения объема хранения груза на складе

В реальных случаях характер поступления партий на склад является смешанным, когда одна часть грузопотока обслуживается судами, работающими по линейному расписанию, либо определенному или точному, а другая часть — судами, интервал между заходами которых является случайной величиной. Согласно положениям теории массового обслуживания, в том случае, когда потоки событий формируются из нескольких компонентов разной статистической природы, адекватность утрачивают и аналитические, и вероятностно-статистические методы. Для иллюстрации этого предположим, что порт принимает несколько групп судов (линий) с разными, но равномерными интервалами между судозаходами и идентичными судовыми партиями (рис. 5).

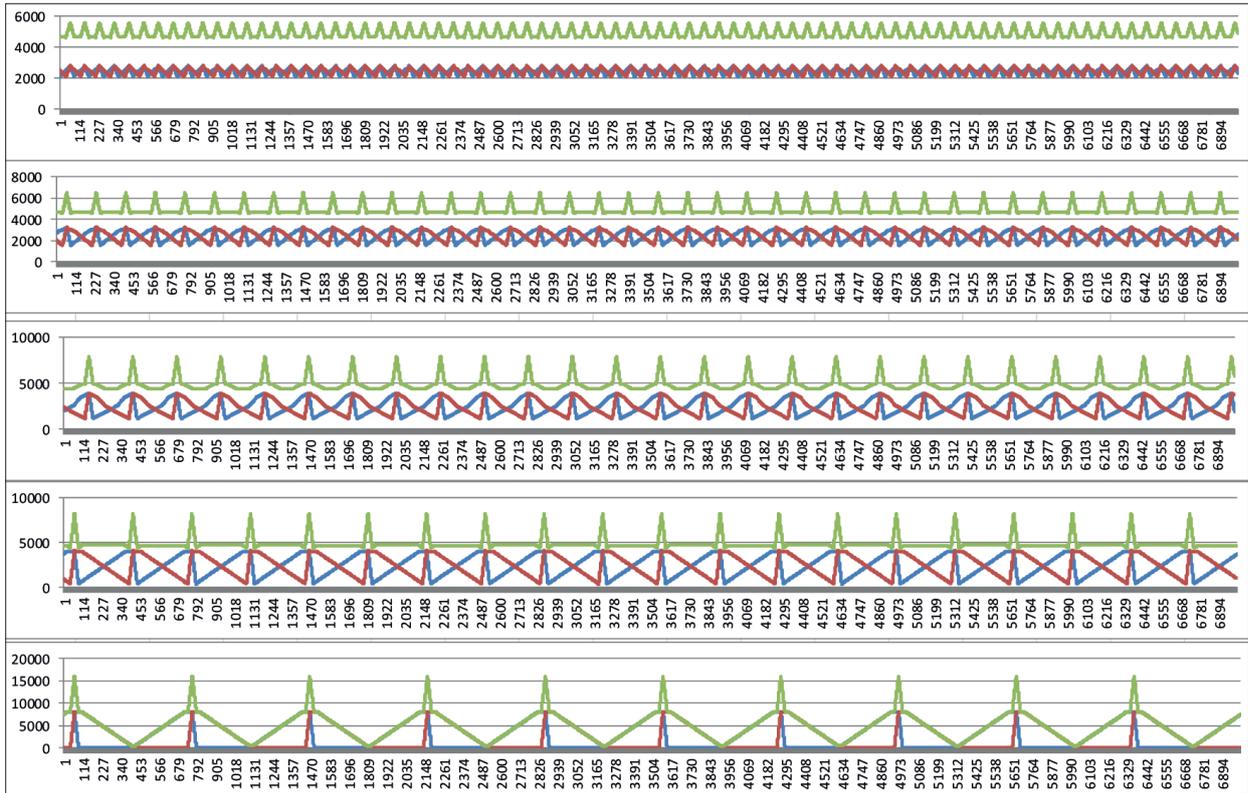


Рис. 5. Графики формирования партий по группам судов (линиям)

Результирующий график, как и его импортная и экспортная составляющая, полученные моделированием соответствующих процессов, характеризуются значительной неравномерностью (рис. 6).

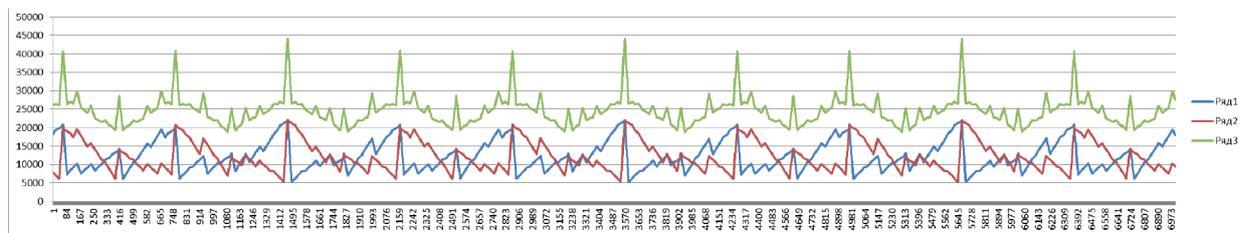


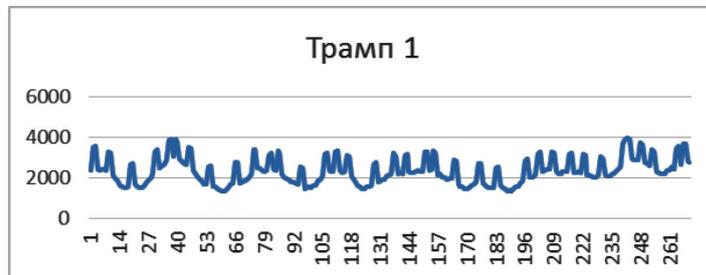
Рис. 6. Результирующие графики формирования грузовых партий

В описываемом исследовании решение проблемы сложной структуры грузопотока различной статистической природы предлагается в форме построения имитационной модели поступления в порт судов, разделенных на произвольное число компонент с разными стохастическими характеристиками.

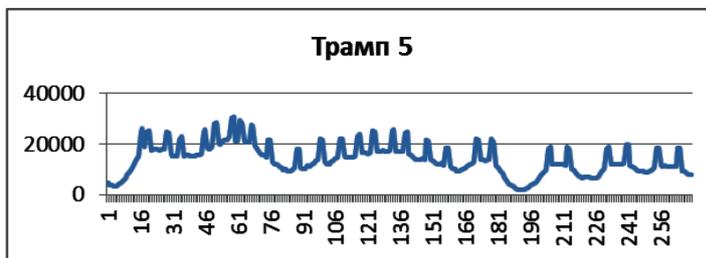
Имитационная модель динамики склада в качестве начального этапа предполагает активацию процесса генерации случайных величин — судозаходов различных типов судов, подчиняющихся различным законам распределения интервалов, имеющих разбросы объемов судовых партий и времени обслуживания, отличающихся различными законами распределения срока хранения относительно средних величин. Для возможности проведения многовариантного анализа моделирование в данном случае выполняется в два этапа: сначала производится генерация случайной выборки событий — прибытия судов в порт, являющаяся реализацией ансамбля случайных и детерминированных величин (интервалов судозахода), затем случайные судозаходы генерируются по законам, задаваемым порядком распределения Эрланга или любым иным. Су-

дозаходы, подчиняющиеся точному расписанию, задаются аналитическими формулами, а судозаходы, определяемые временными окнами, генерируются по нормальному распределению внутри их протяженности. Примеры исходных и выходных величин процесса моделирования даны на рис. 7.

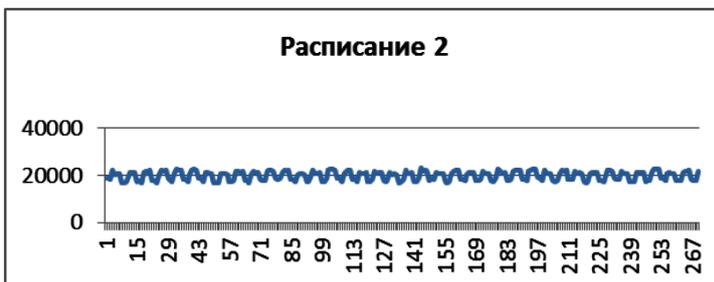
а)



б)



в)



г)



Рис. 7. Результаты имитационного статистического моделирования судозаходов:  
 а — трамповое расписание (компонента 1); б — трамповое расписание (компонента 5); в — линейное расписание (компонента 2); г — динамика изменения суммарного объема хранения

Трамповые компоненты, примеры которых обозначены «трампы 1» и «трамп 7» на рис. 7, а, совместно с линейным регулярным расписанием (рис. 7, в) дают весьма вариативный совокупный поток, показанный на рис. 7, г.

Результаты статистической обработки данного временного ряда по своей природе аналогичны обработке статистического ряда, получаемого в результате использования методов статистических испытаний: они характеризуют плотность распределения случайной величины — объема

хранения груза на складе морского порта (рис. 8), но и эта имитационная вероятностно-статистическая модель динамики склада служит лишь для уточнения представлений о границах его изменчивости, поскольку не учитывает ограничения, вносимые нехваткой ресурсов.



Рис. 8. Плотность распределения объема хранения, полученная методом имитационного моделирования

Так, на рис. 9 показан пример возникновения очереди судов в ожидании обслуживания, вызванных переполнением склада морского порта (отсутствием достаточной пропускной способности смежного транспорта).

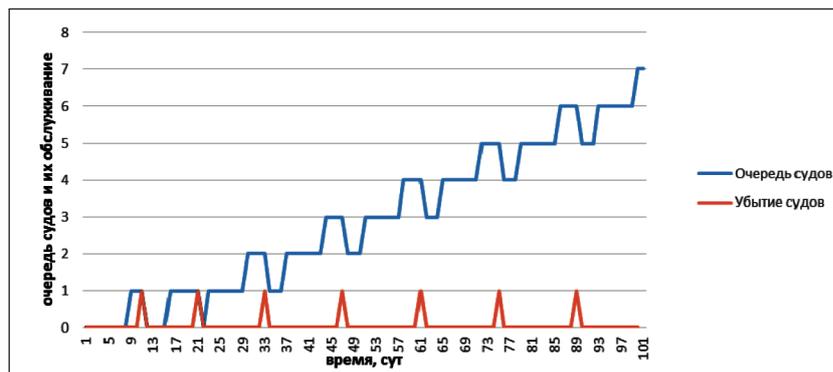


Рис. 9. Пример моделирования обслуживания судов в условиях переполнения склада

Для наиболее полной и точной оценки влияния характеристик склада на качество обслуживания флота, зависящего от характеристик его грузового склада, в данном исследовании использована модель и методика ее использования, описанная в источнике [16]. Предлагаемый метод был включен в эту модель в качестве базового функционального элемента.

### Результаты (Results)

Практически все нормативные методики пытаются учесть случайные факторы, приводящие к стохастическим флуктуациям параметров вокруг вычисленного тем или иным способом среднего значения за счет введения коэффициента неравномерности  $k_{\text{нер}} > 1$ , определяемого как отношение максимального значения в один из анализируемых интервалов времени к среднему значению, рассчитанного на всей совокупности интервалов времени, т. е.  $k_{\text{нер}} = \frac{q}{q_{\text{max}}}$ . В то же время такой подход связан с возможностью появления непредсказуемых погрешностей и потерь, поскольку указанный коэффициент есть не исходная, а, скорее, расчетная величина, значение которой как раз и должен определить процесс технологического проектирования.

В то же время технологическое проектирование по своей гносеологической сути есть процесс преобразования ограниченного объема исходных данных и представлений в конечный про-

ект, характеризующийся заданной степенью подробности и, соответственно, имеющий несоизмеримо большую размерность данных. Как следствие, разные стадии этого единого процесса также характеризуются разными требованиями к содержанию и степени подробности знаний. Это объясняет необходимость использования на каждом из этапов своих методов анализа вместо поисков единой для всех этапов универсальной модели.

Ни один из рассмотренных методов оценки параметров грузового склада не является лучшим по отношению к другим или отрицающим их результаты. Напротив, все указанные методы образуют взаимодополняющую последовательность уточняющих друг друга инструментов технологического проектирования, возможность применения каждого из которых создается использованием предыдущих в этой последовательности. При этом вносимые каждым из них уточнения относятся не к сдвигу значений основных параметров, а, скорее, ко все более достоверной оценке распределений случайных значений вокруг относительно неизменных центральных значений. Именно это точное распределение позволяет оценивать вероятности потерь *первого рода* (от создания избытка технологических мощностей) и *второго рода* (от их дефицита), что позволяет корректировать проектные решения в зависимости от общих характеристик проекта как объекта предпринимательской деятельности. Именно в этом и состоит новизна и ценность предлагаемого метода.

Кроме того, выстроенная таким образом последовательность использования моделей как методических инструментов позволяет обеспечить доказуемость таких критически важных параметров методики, как валидность и адекватность, а также значительно снижает трудоемкость их калибровки. Без выполнения этих шагов модели имеют ничтожную практическую и даже гносеологическую ценность.

### **Обсуждение (Discussion)**

Предложенная по результатам описываемого исследования последовательность моделей и, соответственно, методов их использования, позволяет получать все более точные представления и оценки параметров склада морского порта. Как результат, это позволяет предложить законченную и непротиворечивую методику оценки этих параметров на всех этапах технологического проектирования и, позднее, управления развитием морских портов.

Результатами каждого отдельного этапа выступают близкие по составу наборы параметров, значения которых также достаточно близки между собой. В то же время получение вероятностных законов распределения ключевых параметров позволяет получать количественные оценки рисков, связанных с коммерческими потерями и выгодами, что представляет собой ценное для практики свойство предлагаемого подхода.

Описываемые в работе методы доведены до практической реализации, осуществленной в форме расчетных модулей пакета технологического проектирования морских портов и терминалов, которые были использованы для решения реальных задач. Полученные результаты дают возможность сделать вывод об адекватности предлагаемых методов, их результативности и эффективности, что позволяет рекомендовать их к использованию при решении соответствующих задач в сфере проектирования объектов инфраструктуры не только портов, но и более общих транспортно-логистических цепей.

### **Заключение (Conclusion)**

Обострение конкуренции на рынке транспортных услуг является не временным явлением, а характеристикой нового этапа систем материального распределения. Коренное изменение состава и уровня требований к характеристикам основных элементов транспортной инфраструктуры и эффективности построенных на их основе логистических цепей заставляет пересматривать методический инструментарий их проектирования. В полной мере это относится к проектированию и управлению работой морскими портами, проектирование которых в нашей стране до сих пор регламентируется нормами, созданными в середине прошлого века. Указанное обстоятельство является объективной предпосылкой для создания новых методов, дополняющих и развивающих

традиционный инструментарий технологического проектирования морских портов и терминалов. Одним из таких инновационных инструментов служит полученный в результате исследования вероятностно-статистический и имитационно-симуляционный метод расчета склада морского порта. Этот инструмент может быть использован для любых торговых портов и терминалов, предназначенных для перевалки самого разного груза: навалочного, генерального, контейнерного.

В основе метода лежит идея постепенного уточнения представлений и данных о проектируемом технологическом элементе, грузовом складе порта или терминала, в ходе процесса проектирования. На разных этапах этого процесса требуются данные о его характеристиках в различных форматах с различной точностью и характеристиками вероятностных разбросов. Сообразно этому предлагаемый метод включает несколько взаимосвязанных этапов — от уточненных традиционных аналитических оценок до вероятностно-статистических экспериментов.

После получения всех значений технологических параметров объекта на завершающих стадиях проектирования в качестве окончательного средства верификации полученных значений исследование предлагает использовать имитационно-симуляционный метод расчета грузового склада терминала, позволяющий получить наиболее полное и достоверное представление о случайных величинах, которыми являются технологические параметры этого объекта.

В исследовании показано, что такая последовательность применения позволяет получить доказательство валидности и адекватности созданной модели, что решает одну из главных задач практической применимости моделирования как метода технологического проектирования.

Наконец, важным с практической точки зрения результатом исследования является создание программных средств и методики их использования в технологическом проектировании морских портов и терминалов, эффективность которых подтверждена опытом использования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Thorensen C. A.* Port designer's handbook / C.A. Thorensen. — London: Thomas Telford Limited, 2010. — 554 p.
2. UNCTAD Monographs on Port Management. Monograph № 9. Multipurpose port terminals. Recommendations for planning and management. — March 1991.
3. *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. DOI: 10.21821/2309-5180-2015-7-6-7-16.
4. Current issues in shipping, ports and logistics / T. Notteboom (ed.). — Asp/Vubpress/Ура, 2011. — 608 p.
5. *Елисеева А. С.* Принципы организации грузового терминала / А.С. Елисеева. — Ростов-на-Дону: Феникс, 2003. — 329 с.
6. *Kuznetsov A. L.* Simulation Model of Container Land Terminals / A.L. Kuznetsov, A.V. Kirichenko, J.J. Eglit // TransNav. — 2018. — Vol. 12. — No. 2. — Pp. 321–326. DOI: 10.12716/1001.12.02.13.
7. РД 31.3.05-97. Нормы технологического проектирования морских портов. — М., 1998.
8. *Кузнецов А. Л.* О несовершенстве нормативной базы технологического проектирования морских портов / А. Л. Кузнецов, В. А. Погодин // Морские порты. — 2017. — № 6. — С. 18–22.
9. *Щербакова-Слюсаренко В. Н.* Разработка функциональной модели контейнерного терминала типа «сухой порт» и принципов ее использования в технологическом проектировании / В. Н. Щербакова-Слюсаренко, В. А. Погодин, А. С. Ткаченко // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2017. — Т. 9. — № 1. — С. 48–60. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-1-48-60.
10. *Михаэль Д.* Складская логистика. Новые пути системного планирования / Д. Михаэль; пер. с нем.; под ред. Г. П. Манжосова. — М: КИА центр, 2004. — 136 с.
11. International Handbook of Maritime Economics / K. Cullinane (ed.). — London: Edward Elgar Publishing, 2011. — 520 p.
12. European Commission. Directorate-General for Mobility and Transport. White Paper on Transport: Roadmap to a Single European Transport Area: Towards a Competitive and Resource-efficient Transport System. — Publications Office of the European Union, 2011.

13. Памбухчиянц В. К. Организация, технология и проектирование торговых предприятий / В. К. Памбухчиянц. — М.: ИВЦ «Маркетинг», 1999. — 320 с.
14. Кобзарь А. И. Прикладная математическая статистика / А. И. Кобзарь. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012. — 813 с.
15. Валькова С. С. Изменение роли грузового склада морского порта в современных транспортно-логистических сетях товаропродвижения / С. С. Валькова // Транспортное дело России. — 2018. — № 3. — С. 110–113.
16. Валькова С. С. Вероятностно-статистический метод расчета вместимости склада морского порта / С. С. Валькова // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2018. — Т. 10. — № 3. — С. 507–519. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-3-507-519.

## REFERENCES

1. Thorensen, C.A. *Port designer's handbook*. London: Thomas Telford Limited, 2010.
2. UNCTAD *Monographs on Port Management. Monograph №9. Multipurpose port terminals. Recommendations for planning and management*. March 1991.
3. 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): 7–16. DOI: 10.21821/2309-5180-2015-7-6-7-16.
4. Notteboom, Theo, ed. *Current issues in shipping, ports and logistics*. Asp/Vubpress/Upa, 2011.
5. Eliseeva, A.S. *Printsipy organizatsii gruzovogo terminala*. Rostov-na-Donu: Feniks, 2003.
6. Kuznetsov, A.L., A.V. Kirichenko, and J.J. Eglit. "Simulation Model of Container Land Terminals." *TransNav* 12.2 (2018): 321–326. DOI: 10.12716/1001.12.02.13
7. Russian Federation. Guidance Document RD 31.3.05-97. Engineering Design Standards for Seaports. M., 1998.
8. Kuznetsov, A.L., and V.A. Pogodin. "O nesovershenstve normativnoi bazy tekhnologicheskogo proektirovaniya morskikh portov." *Morskije porty* 6 (2017): 18–22.
9. Shcherbakova-Slyusarenko, Victoria N., Vladimir A. Pogodin, and Andrei S. Tkachenko. "The development of the functional model for the "dry port" type container terminal and principles of its use in the technologic design." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova* 9.1 (2017): 48–60. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-1-48-60.
10. Mikhael', D. *Skladskaya logistika. Novye puti sistemnogo planirovaniya*. Edited by G.P. Manzhosov. M: KIA tsentr, 2004.
11. Cullinane, Kevin, ed. *International handbook of maritime economics*. Edward Elgar Publishing, 2011.
12. European Comission. Directorate-General for Mobility and Transport. *White Paper on Transport: Roadmap to a Single European Transport Area: Towards a Competitive and Resource-efficient Transport System*. Publications Office of the European Union, 2011.
13. Pambukhchiyants, V. K. *Organizatsiya, tekhnologiya i proektirovanie torgovykh predpriyatii*. M.: IVTs «Marketing», 1999.
14. Kobzar', A.I. *Prikladnaya matematicheskaya statistika*. M.: FIZMATLIT, 2012.
15. Valkova, S. "Change of the sea port storage's role in modern logistic supply chain environment." *Transport business of Russia* 3 (2018): 110–113.
16. Valkova, Svetlana S. "Stochastic method for sea port storage capacity calculation." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova* 10.3 (2018): 507–519. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-3-507-519.

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

**Валькова Светлана Сергеевна** — соискатель  
 ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала  
 С. О. Макарова»  
 198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург,  
 ул. Двинская, 5/7  
 e-mail: vlvalkov@yandex.ru, kaf\_pgt@gumrf.ru

### INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

**Valkova, Svetlana S.** — Applicant  
 Admiral Makarov State University of Maritime and  
 Inland Shipping  
 5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg 198035, Russian  
 Federation  
 e-mail: vlvalkov@yandex.ru, kaf\_pgt@gumrf.ru

Статья поступила в редакцию 16 июля 2018 г.

Received: July 16, 2018.