

# ПОРТЫ, ПОРТОВОЕ ХОЗЯЙСТВО И ТРАНСПОРТНАЯ ЛОГИСТИКА

DOI: 10.24143/2073-1574-2020-4-105-112  
УДК [658.012.2:656.615.073.235]:007

## ПЛАНИРОВАНИЕ ИМИТАЦИОННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ В ЗАДАЧАХ ИССЛЕДОВАНИЯ ОПЕРАЦИОННЫХ СТРАТЕГИЙ КОНТЕЙНЕРНЫХ ТЕРМИНАЛОВ

*А. Л. Кузнецов<sup>1</sup>, А. В. Кириченко<sup>1</sup>, А. Д. Семенов<sup>2</sup>, А. А. Радченко<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup> Государственный университет морского и речного флота  
им. адмирала С. О. Макарова, Санкт-Петербург, Российская Федерация*

*<sup>2</sup> ООО «Логистический парк «Янино», Ленинградская область,  
Всеволожский район, пос. Янино-1, Российская Федерация*

В ряде научных работ исследована эффективность применения определенных стратегий управления контейнерным штабелем, при этом способы обоснования этих стратегий варьируются от математических доказательств до практического применения. Рассматривается задача доказательства адекватности предлагаемой стратегии управления контейнерным штабелем. Указывается, что применение различных стратегий на контейнерных терминалах для исследования их эффективности является некорректным ввиду сильной вариации внешних условий, в которых работают терминалы, а также небольшого количества информации, которая может быть собрана за период применения отдельной стратегии на терминале. Доказывается, что единственным подходом, который может быть использован для объективного доказательства эффективности той или иной стратегии, для их сравнения, является имитационное моделирование. Особое внимание в подобных исследованиях должно уделяться планированию экспериментов. Для сравнения стратегий предлагается использовать множественные эксперименты с различными параметрами входящего и исходящего грузопотока. В качестве примера приводится сравнение стратегий поиска минимума по всему штабелю и укладки контейнеров исходя из срока их хранения. При анализе стратегий складирования контейнеров необходимо определить критерий оптимальности, поскольку привлекательность той или иной стратегии будет зависеть от выбранного оптимизируемого параметра. В качестве критерия оптимальности в приведенном примере принята трудоемкость выборки контейнеров, которая определяется средним количеством движений, необходимых для выборки одного контейнера. Доказывается, что с позиции такого критерия оптимальности лучшей является стратегия, учитывающая сроки хранения контейнеров.

**Ключевые слова:** контейнерный терминал, портовый комплекс, склад, грузопоток, штабель, контейнер, эвристика, трудоемкость выборки, имитационное моделирование, анализ стратегий.

**Для цитирования:** Кузнецов А. Л., Кириченко А. В., Семенов А. Д., Радченко А. А. Планирование имитационных экспериментов в задачах исследования операционных стратегий контейнерных терминалов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2020. № 4. С. 105–112. DOI: 10.24143/2073-1574-2020-4-105-112.

### **Введение**

Трудоемкость операций по обработке контейнеров на терминалах обычно оценивают в количестве движений. Для перехода к коммерческим и операционным характеристикам, необходимым для планирования и управления работой терминала, требуется учитывать время выполнения каждого движения [1–4]. При использовании аналитического подхода выделять отдельные операции не представляется возможным, и вместо этого используется полученное тем или иным способом среднее время выполнения движения. Для получения искомым характери-

стик как случайных величин, что требует практика современного проектирования и управления, в основном используются методы группы Монте-Карло [5]. По сути, эти методы являются попыткой подстановки индивидуальных значений различных параметров, частота которых определяется их интегральной вероятностью, устанавливаемой заданными параметрами предполагаемых распределений. В некотором смысле эта генерация частных значений является действием, прямо противоположным обобщению, проведенному на первом этапе.

Во многих случаях рассмотренный подход может оказаться чересчур упрощенным: например, когда на терминале работают различные технологические складывающие машины. Еще одной проблемой подобного рода является изучение технологических или операционных изменений в схеме работы контейнерного терминала, которые могут проявиться лишь в достаточно длинной перспективе.

Операционная стратегия обработки проходящего через склад терминала грузопотока состоит из совокупности частных тактических решений, часть из которых в строгом математическом смысле является эвристиками. Эвристиками в теории и практике искусственного интеллекта называются методики, которые представляются эффективными и полезными, но доказать это теоретическими способами невозможно [6, 7]. Как следствие, их право на существование доказывается практикой или моделированием.

Как правило, составляющие оперативную стратегию эвристики касаются отдельных, но взаимосвязанных аспектов общей проблемы, поэтому их роль на общее качество получаемых решений выявить достаточно сложно. Комплексный характер взаимных влияний и зависимость результата от случайных характеристик исходных данных вызывают высокую вариативность получаемых оценок. Никакие единичные эксперименты не могут убедительно доказать и даже выявить эффект подобных «слабых» воздействий. Например, к такому воздействию относится учет операционной «температуры» находящихся на складе терминала контейнеров, на примере изучения которого будет раскрыта предлагаемая методика планирования имитационных экспериментов.

#### **Постановка задачи частного исследования стратегии**

Как было сказано выше, операционная стратегия контейнерного терминала в значительной мере формируется на основании эвристических, иными словами, интуитивных представлений. Одним из наиболее известных представлений подобного рода является разделение контейнеров по оперативному признаку на «горячие» и «холодные».

В практике работы склада контейнерного терминала «горячими» называются контейнеры, срок пребывания которых приближается к значению, предполагающему скорое поступление запроса на их выборку. В противоположность этому, вновь поступившие контейнеры, которые предполагается хранить на складе в течение некоторого известного срока, считают «холодными». Как правило, «холодные» контейнеры постепенно начинают блокировать доступ к «горячим» контейнерам и при выборке последних из штабеля должны перемещаться в свободные позиции штабеля. Пример штабеля, в котором цвет контейнера указывает его «температуру», т. е. длительность его пребывания на складе, приведен на рис. 1.

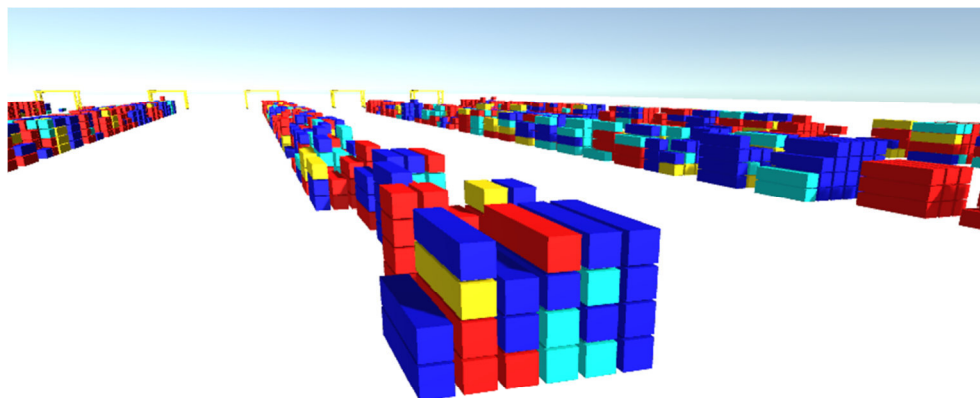


Рис. 1. Пример графического отображения статуса хранения контейнеров в штабеле

При поступлении заявки на вывоз контейнера со склада может оказаться, что доступ к нему заблокирован другими контейнерами. Традиционно перемещение очередного блокирующего контейнера производится в близлежащую позицию штабеля с минимальной высотой над слотом [8, 9]. С другой стороны, чем выше «температура» перемещаемого контейнера, определяемая близостью срока его хранения к нормативному значению, тем выше представляется вероятность его скорого убытия с терминала. Как следствие, «горячие» контейнеры целесообразно помещать в более высокие позиции, предотвращающие их блокировку при текущих операциях в штабеле. В то же время позиции, выбранные с учетом условной операционной «температуры» перемещаемого контейнера, могут характеризоваться иным транспортным расстоянием по сравнению с абсолютно минимальными по высоте, что может снизить ожидаемый выигрыш в количестве движений за счет роста их длительности. Подтвердить или опровергнуть этот эффект можно только за счет большого числа экспериментов, но каждый из них необходимо параллельно проводить для всех сравниваемых вариантов.

Внедрив те или иные технологические нововведения в практику работы реального терминала, мы не сможем прийти ни к какому доказательному выводу: на зарегистрированное изменение характеристик могли повлиять как управляемые, так и скрытые факторы, включая статистические разбросы подобного, единичного по сути, эксперимента. Для оценки результатов применения различных стратегий управления контейнерным штабелем потребуется получить те же результаты, достигнутые при обработке абсолютно идентичного годового грузопотока в базовом варианте, без принятых мер. Более того, чем ближе будут полученные результаты, тем больший интервал сравнения потребуется привлечь. Очевидно, что натурные эксперименты с реальными терминалами в таких задачах неприменимы как по причине «единичности» получаемого результата, так и по экономическим соображениям, связанным с их стоимостью. С другой стороны, неприменимыми оказываются и обычные приемы моделирования.

Методологически проблема состоит в том, что каждая задача изучения отдельной эвристики требует создания и разработки методики использования специфической модели [10]. Эти частные модели должны быть согласованы по входным данным и формировать единый базис для адекватной оценки изучаемых стратегий. В настоящем исследовании предлагается вариант решения обозначенной методологической проблемы.

### **Модель формирования сценариев моделирования**

Очевидно, что все прибывшие контейнеры рано или поздно должны быть вывезены с терминала, т. е. алгебраическая сумма всех входящих потоков, взятых со знаком плюс, и исходящих потоков, взятых со знаком минус, должна быть равна нулю. В то же время транспортные партии различных средств транспорта образуют разные по размерам «пачки» контейнеров во входящих и исходящих потоках. Например, морское судно, доставившее несколько тысяч контейнеров, должно быть максимально быстро разгружено и погружено, чтобы минимизировать его простой под грузовыми операциями.

Грузовая партия морского судна составляет несколько десятков или сотен железнодорожных грузовых партий, вывоз и завоз которых желательно выполнять, чтобы не превысить пределов провозной способности железной дороги. Так же равномерно рекомендуется распределять движение автотранспорта, связанного с завозом и вывозом контейнеров в порт, согласуя его с пропускной способностью дорожной сети.

Неравномерности входящих и исходящих потоков, образованных транспортными партиями разных размеров, обрабатываемыми в разные моменты времени, приводят к возникновению определенного «буферного» объема контейнеров на терминале. Хранение этого объема физически выполняется на *складе* терминала, характеризующимся своей технологией работы и параметрами, которые определяются параметрами грузопотоков терминала.

Обозначенные зависимости действуют как прямо, так и косвенно, через многие внутренние зависимости (например, через ограниченность используемых для разных операций ресурсов). Именно эти причины заставляют для получения необходимой точности отходить от расчетно-аналитических (алгебраических) методов расчета и использовать математическое, в частности имитационное, моделирование. Общая структура модели, предназначенной для анализа работы морского терминала, представлена на рис. 2.

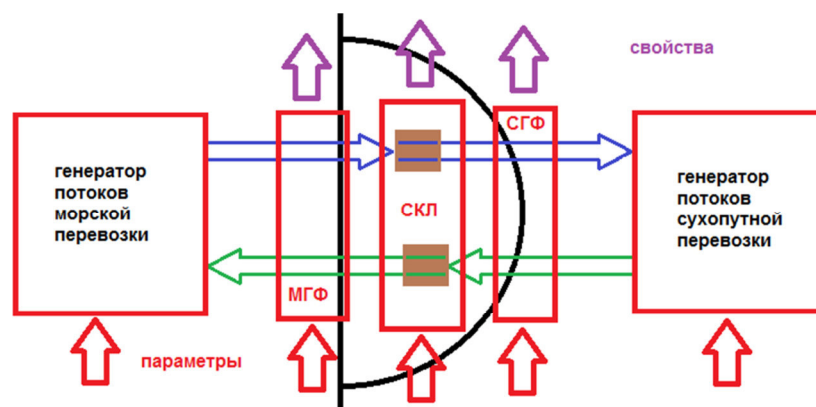


Рис. 2. Общая структура модели морского терминала: МГФ – морской грузовой фронт; СКЛ – склад; СГФ – сухопутный грузовой фронт

Представленная на рис. 2 модель состоит из генераторов потоков морского и сухопутного транспорта, морского грузового фронта, сухопутного грузового фронта и склада. Для анализа работы всех элементов используются частные модели, одной из которых является модель для исследования размещения контейнеров в штабеле с учетом операционной «температуры». В то же время совокупность грузопотоков, на базе которых проводится сравнительный анализ отдельных составляющих компонентов стратегии, так же должна строиться с учетом специфики задачи.

Параметрами генераторов грузопотоков являются объемы грузопотоков, размеры транспортных партий, временные характеристики (неравномерности). Параметрами грузовых фронтов являются пропускные способности, выражаемые через производительность и количество размещенного на них технологического оборудования. Параметрами склада являются емкость одновременного хранения и пропускная способность операций приемки-выборки.

Наблюдаемыми свойствами модели, точнее ее элементов, являются количественные и временные характеристики протекающих в них технологических процессов (коэффициенты использования, задержки и отказы обслуживания, длины очередей и др.). Все входные и выходные параметры являются не детерминированными, а случайными величинами и задаются своими априорными и апостериорными характеристиками распределений.

Моделирование, как известно, является инструментом анализа, а не синтеза: оно позволяет получить количественные значения свойств моделируемого объекта в зависимости от значения параметров. Синтез, т. е. получение желаемых параметров объекта, производится за счет многократного повторения моделирования с направленным изменением параметров. В этом смысле моделирование является лишь инструментом, а не методом, гарантирующим нахождение оптимального результата. То обстоятельство, что все параметры и свойства модели представлены случайными величинами, диктует необходимость для каждого набора выбранных параметров проводить серии экспериментов, число которых определяется необходимой степенью статистической достоверности.

Кроме количественных параметров, представленных детерминированными и случайными значениями, обработка грузопотоков при их прохождении через терминал характеризуется различными стратегиями размещения контейнеров на складе, направленных на сокращение времени выборки, минимизацию числа перемещений, максимизацию использования ресурсов и др. Выбор той или иной стратегии также может быть сделан с помощью специальных логических средств, что позволяет использовать инструмент моделирования не только для определения технологических параметров терминала, но и нахождения оптимальных стратегий управления им.

При использовании модели не как инструмента проектирования, а как средства оперативного планирования вместо генераторов морского и сухопутного грузопотоков используются реальные данные о поступлении транспортных средств в планируемый промежуток времени и фактические данные о состоянии процессов, происходящих на элементах терминала: грузовых фронтах и складе. В таком случае модель позволяет проводить анализ чувствительности («что будет, если...») с целью рационального распределения имеющихся ресурсов между отдельными операциями.

### Результаты исследования

Результатом единичного прогона модели, представленной на рис. 2, является полное расписание прибытия и убытия на терминал транспортных средств в течение заданного периода (чаще всего – календарного года). Это расписание детализовано до времени прибытия и убытия каждого контейнера, проходящего через терминал за этот период. Прибывающие контейнеры помещаются в штабель контейнерного склада, а затем – в моменты, определяемые сгенерированным расписанием, – убывают с терминала. Как было сказано выше, в данном случае рассматривается влияние отдельной функции операционной стратегии – перемещение блокирующих контейнеров не в позиции с абсолютно минимальной высотой, а в позиции, определяемые сроком нахождения этих контейнеров на терминале. Для оценки этого влияния производится подсчет полного и среднего количества движений, выполняемых для обработки через терминал годового контейнерного потока. При этом подсчет выполняется моделированием реальных операций перемещения в штабеле склада.

Функциональная модель операций на складе в общей структуре модели на рис. 2 отображается прямоугольником, расположенным в центре этого рисунка. Стрелка, обозначающая вектор параметров этой модели, включает как геометрические параметры площади, количество и производительность технологического оборудования для складирования, так и характеристики используемой функциональной компоненты стратегии. В одном случае это будет складирование по критерию минимальной высоты, во втором – с учетом операционной «температуры». Различия в количестве движений, полученные как изучаемое свойство на рис. 2, позволяют судить о результативности выбранной стратегии по сравнению с чисто случайным выбором.

Для получения статистически достоверных выводов эксперименты повторяются многократно, как для статистически близких версий одного варианта грузопотока, так и для разных его вариантов. Это позволяет исключить как статистические флуктуации, так и влияние структуры подачи на терминал транспортных средств различного вида.

На рис. 3 представлены результаты проведенной серии экспериментов.

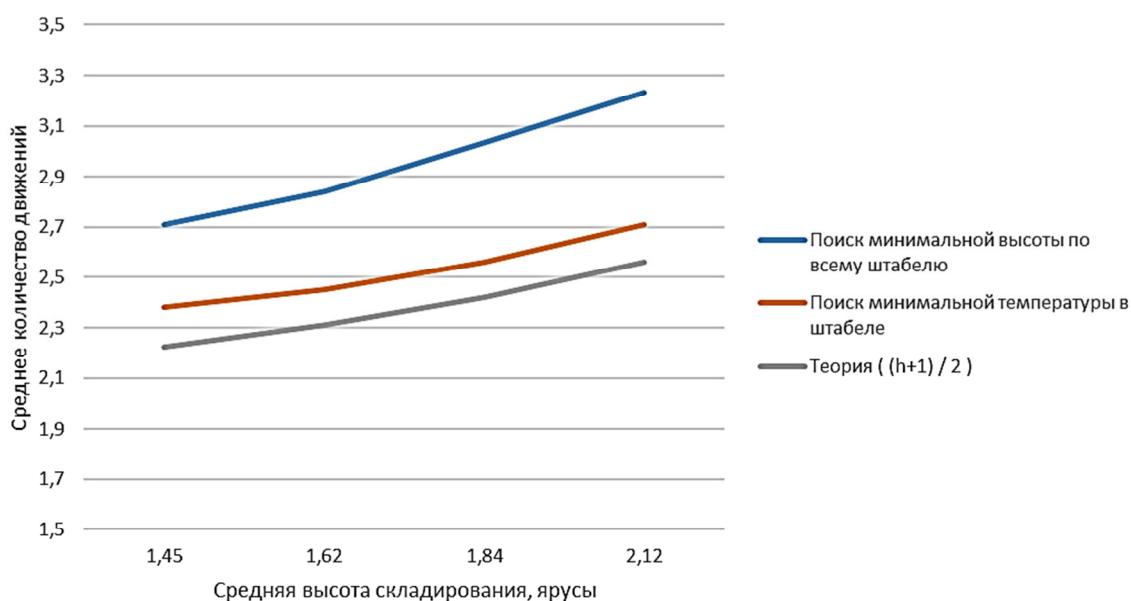


Рис. 3. Результаты экспериментов

Теоретическая трудоемкость выборки оценивается по комбинаторной формуле  $(h + 1) / 2$ , графики зависимости трудоемкости для стратегии с размещением по «температурным» показателям и по критерию минимальной высоты складирования иллюстрируют среднюю экономию почти в 0,5 движений в пользу первой из них. В год экономия оказывается достаточно велика, сделать этот вывод на основании единичного эксперимента оказалось бы невозможным.

**Выводы**

1. Базовыми компонентами операционных стратегий контейнерных терминалов являются эвристики, или математические методики, доказать эффективность которых теоретически не удается.

2. Для включения той или иной эвристики в операционную стратегию необходимо статистически достоверно установить ее практическую полезность, что возможно лишь с помощью имитационного моделирования.

3. Для построения сценариев различных условий подобной проверки требуется учесть множество реальных факторов, таких как объемы грузопотоков, размеры транспортных партий, пропускная способность складского комплекса и т. д.

4. Для получения статистически достоверных выводов эксперименты должны быть проведены многократно как для статистически близких версий одного варианта грузопотока, так и для разных его вариантов.

5. В статье описана методика построения модели для управляемой генерации сценариев грузопотока через контейнерный терминал, моделирование которых позволяет оценивать результативность и эффективность отдельных эвристик.

6. В качестве примера приведено использование методики для частной стратегии выборки контейнеров из штабеля с учетом срока хранения.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Кузнецов А. Л., Семенов А. Д., Борович А. З. Анализ оптимизационных стратегий складирования контейнеров // Вестн. Гос. ун-та мор. и реч. флота им. адм. С. О. Макарова. 2019. № 5 (57). С. 803–812.
2. Кузнецов А. Л., Козлова Е. Ю. Сравнение различных методик оценки требуемой вместимости склада при технологическом проектировании контейнерных терминалов // Эксплуатация морского транспорта: сб. науч. ст. 2008. № 4 (54). С. 9–14.
3. Кузнецов А. Л., Ткаченко А. С., Попов Г. Б., Кириченко А. В. Имитационное моделирование как инструмент расчета наземных контейнерных терминалов // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Морская техника и технология. 2018. № 1. С. 100–108. DOI: 10.24143/2073-1574-2018-1-100-108.
4. Кузнецов А. Л., Семенов А. Д., Левченко В. П. Влияние технических ограничений перегрузочного оборудования на производительность операций // Вестн. Гос. ун-та мор. и реч. флота им. адм. С. О. Макарова. 2019. № 3 (55). С. 417–429.
5. Изотов О. А., Гуляев А. В. Оценка требуемых технологических ресурсов путем статистического моделирования // Вестн. Гос. ун-та мор. и реч. флота им. адм. С. О. Макарова. 2018. Т. 1. № 3. С. 497–506. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-3-407-50.
6. Sanen Y. A., Dekker R. Intelligent stacking as way out of congested yards. Part 2 // Port Technology International. 2007. Vol. 32. P. 80–85.
7. Borgman B., Van Asperen E., Dekker R. Online rules for container stacking // OR spectrum. 2010. Vol. 32. Iss. 3. P. 687–716.
8. Кириченко А. В. и др. Морская контейнерная транспортно-технологическая система: моногр. СПб.: Изд-во МАНЭБ, 2017. 412 с.
9. Böse Jürgen W., ed. Handbook of terminal planning. N. Y.: Springer, 2011. Vol. 49. P. 433.
10. Dragović B., Tzannatos E., Park N. K. Simulation modelling in ports and container terminals: literature overview and analysis by research field, application area and tool // Flexible Services and Manufacturing Journal. 2017. Vol. 29. Iss. 1. P. 4–34. DOI: 10.1007/s10696-016-9239-5.

Статья поступила в редакцию 19.10.2020

**ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ**

**Кузнецов Александр Львович** – Россия, 198035, Санкт-Петербург; Государственный университет морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова; д-р техн. наук, профессор; профессор кафедры портов и грузовых терминалов; thunder1950@yandex.ru.

**Кириченко Александр Викторович** – Россия, 198035, Санкт-Петербург; Государственный университет морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова; д-р техн. наук, профессор; зав. кафедрой портов и грузовых терминалов; KirichenkoAV@gumrf.ru.

**Семенов Антон Денисович** – Россия, 188689, Ленинградская область, Всеволожский район, пос. Янино-1; ООО «Логистический парк «Янино»; диспетчер; asemyonov054@gmail.com.

**Радченко Анна Александровна** – Россия, 198035, Санкт-Петербург; Государственный университет морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова; инженер; kaf\_pgt@gumrf.ru.



## PLANNING SIMULATION EXPERIMENTS IN PROBLEMS OF STUDYING OPERATIONAL STRATEGIES OF CONTAINER TERMINALS

*A. L. Kuznetsov<sup>1</sup>, A. V. Kirichenko<sup>1</sup>, A. D. Semenov<sup>2</sup>, A. A. Radchenko<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping,  
Saint-Petersburg, Russian Federation*

<sup>2</sup> *Yanino Logistics Park, LLC, Vsevolzhsky district, Yanino-1,  
Leningrad region, Russian Federation*

**Abstract.** The article describes the problem of the effectiveness of different container stacking strategies, which has been the matter of research in many scientific works. The methods of substantiating the strategies vary from mathematical calculations to practical application. There has been set the task to prove the adequacy of the new container stacking strategy. The application of different strategies for container terminals is found not reliable due to rapid changes of operating conditions and insufficient amount of data that can be collected for the short period of a strategy application. It is proved that the only reliable method that provides the independent proof of the efficiency of container stacking strategies is simulation modelling. Special attention in the studies should be given to planning of the experiments. To compare the strategies it is proposed to use multiple experiments with different parameters of the incoming and outgoing traffic. There is presented a case of comparison of strategies for finding a minimum over the entire stack and stacking containers based on their shelf life. When analyzing the strategies for storing containers it is necessary to determine the optimality criterion, since the attractiveness of a particular strategy will depend on the selected optimized parameter. As a criterion of optimality in the given example, the complexity of the selection of containers is taken, which is determined by the average number of movements required to select one container. It is justified that according to the optimality criterion, the best strategy takes into account the storage periods of containers.

**Key words:** container terminal, port complex, warehouse, cargo traffic, stack, container, heuristics, sample intensity, simulation, analysis of strategies.

**For citation:** Kuznetsov A. L., Kirichenko A. V., Semenov A. D., Radchenko A. A. Planning simulation experiments in problems of studying operational strategies of container terminals. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering and Technologies.* 2020;4:105-112. (In Russ.) DOI: 10.24143/2073-1574-2020-4-105-112.

### REFERENCES

1. Kuznetsov A. L., Semenov A. D., Borevich A. Z. Analiz optimizatsionnykh strategii skladirovaniia konteinerov [Analysis of optimization strategies for container storage]. *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova*, 2019, no. 5 (57), pp. 803-812.
2. Kuznetsov A. L., Kozlova E. Iu. Sravnenie razlichnykh metodik otsenki trebuemoi vmestimosti sklada pri tekhnologicheskome proektirovanii konteinernykh terminalov [Comparison of various methods for assessing necessary warehouse capacity in technological design of container terminals]. *Ekspluatatsiia morskogo transporta: sbornik nauchnykh statei*, 2008, no. 4 (54), pp. 9-14.

3. Kuznetsov A. L., Tkachenko A. S., Popov G. B., Kirichenko A. V. Imitatsionnoe modelirovanie kak instrument rascheta nazemnykh konteynernykh terminalov [Simulation modeling as tool for calculating land-based container terminals]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Morskaiia tekhnika i tekhnologiya*, 2018, no. 1, pp. 100-108. DOI: 10.24143/2073-1574-2018-1-100-108.
4. Kuznetsov A. L., Semenov A. D., Levchenko V. P. Vliianie tekhnicheskikh ogranichenii peregruzochnogo oborudovaniia na proizvoditel'nost' operatsii [Influence of technical limitations of handling equipment on productivity of operations]. *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova*, 2019, no. 3 (55), pp. 417-429.
5. Izotov O. A., Gul'tiaev A. V. Otsenka trebuyemykh tekhnologicheskikh resursov putem statisticheskogo modelirovaniia [Estimating necessary technological resources by statistical modeling]. *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova*, 2018, vol. 1, no. 3, pp. 497-506. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-3-407-50.
6. Sanen Y. A., Dekker R. Intelligent stacking as way out of congested yards. Part 2. *Port Technology International*, 2007, vol. 32, pp. 80-85.
7. Borgman B., Van Asperen E., Dekker R. Online rules for container stacking. *OR spectrum*, 2010, vol. 32, iss. 3, pp. 687-716.
8. Kirichenko A. V. i dr. *Morskaiia konteynernaia transportno-tekhnologicheskaiia sistema: monografiia* [Sea container transport and technological system: monograph]. Saint-Petersburg, Izd-vo MANEB, 2017. 412 p.
9. Böse Jürgen W., ed. *Handbook of terminal planning*. New York, Springer Publ., 2011. Vol. 49. P. 433.
10. Dragović B., Tzannatos E., Park N. K. Simulation modelling in ports and container terminals: literature overview and analysis by research field, application area and tool. *Flexible Services and Manufacturing Journal*, 2017, vol. 29, iss. 1, pp. 4-34. DOI: 10.1007/s10696-016-9239-5.

The article submitted to the editors 19.10.2020

### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Kuznetsov Alexander Lvovich** – Russia, 198035, Saint-Petersburg; Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping; Doctor of Technical Sciences, Professor; Professor of the Department of Ports and Cargo Terminals; thunder1950@yandex.ru.

**Kirichenko Aleksandr Viktorovich** – Russia, 198035, Saint-Petersburg; Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping; Doctor of Technical Sciences, Professor; Head of the Department of Ports and Cargo Terminals; KirichenkoAV@gumrf.ru.

**Semenov Anton Denisovich** – Russia, 188689, Leningrad region, Vsevolozhsky district, Yanino-1; Yanino Logistic Park, LLC; Traffic Control Officer; asemyonov054@gmail.com.

**Radchenko Anna Aleksandrovna** – Russia, 198035, Saint-Petersburg; Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping; Engineer; kaf\_pgt@gumrf.ru.

