

DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-2-243-253

## APPLICATION THE SIMULATION MODELING METHODS FOR PLANNING A CONTAINER TERMINAL INTERNAL OPERATIONS

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

<sup>1</sup> — Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping,  
St. Petersburg, Russian Federation

<sup>2</sup> — Yanino Logistics Park LLC, Leningrad Region, Russian Federation

*Today the computer simulation becomes an object of many academic studies focused on the transport problems. In particular, the simulation models intensively expand the toolkit of the technological design of sea ports and cargo terminals. These models become more and more complicated and advanced, reflecting more and more adequately technical, economical and operational features of the relevant objects. At the same time, the resulting complexity of the models makes it uneasy to implement them in practice, since the port specialists fail to see the practical efficiency behind the complicated software façade. The difficulty of learning how to use new models makes the advantage of their utilization doubtful. However, the main advantage of the simulation is the possibility to study many different variants. It is not possible to conduct the experiment of this kind for the real operating terminal, since it will cause the losses connected to the reorganization of operations, delays, queues, idletimes. An illustrative example of using an imitation model for the analysis of operations at the container terminal is offered in the paper. One of the most resource-consuming operations of the land container terminal is the rail train handling. The criterion for the selection of a handling operation variant is the minimization of cargo handling equipment costs ensuring the train handling within a given time interval. The simulation results are the probability distributions of the stochastic values – demands for the cargo handling equipment at the different cargo-handling systems, enabling to make a choice for the optimal train handling procedure.*

*Keywords: container terminal, rear cargo front, train handling, simulation, operation analysis, pre-stacking, dry port, handling equipment, cargo handling capacity.*

**For citation:**

Kuznetsov, Aleksandr L., Aleksandr V. Kirichenko, and Anton D. Semenov. "Application the simulation modeling methods for planning a container terminal internal operations." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 11.2 (2019): 243–253. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-2-243-253.

**УДК 656.615**

## ПЛАНИРОВАНИЕ РАБОТЫ ТЫЛОВЫХ ГРУЗОВЫХ ФРОНТОВ МОРСКИХ КОНТЕЙНЕРНЫХ ТЕРМИНАЛОВ МЕТОДАМИ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

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

<sup>1</sup> — ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова»,  
Санкт-Петербург, Российская Федерация

<sup>2</sup> — ООО «Логистический Парк «Янино»,  
Ленинградская область, Российская Федерация

*Рассмотрено решение транспортных задач, реализуемых с помощью использования методов имитационного моделирования, в частности инструментария технологического проектирования морских портов и терминалов. Проанализированы наиболее сложные модели, которые с максимальной точностью отражают технические, экономические и операционные свойства избранных объектов. Отмечается, что сложность моделей мешает их внедрению в практику, поскольку специалисты перестают видеть практическую эффективность от применения таких сложных инструментов, а трудоемкость в обучении работе с новыми моделями выгоду от их использования делают неочевидной. Подчеркивается, что основным преимуществом моделирования, в том числе имитационного, является возможность анали-*

за различных вариантов, а также, что проведение подобных экспериментов невозможно на действующем терминале, поскольку это потребует высоких затрат, связанных с реорганизацией работ и возможным образованием очередей. В статье предлагается наглядный пример использования имитационной модели для анализа операций на контейнерном терминале. Одной из наиболее трудоемких операций для наземного контейнерного терминала является обработка железнодорожного подвижного состава. В работе с помощью специализированной имитационной модели анализируются возможные варианты обработки поезда. Критерием выбора одного из вариантов является обеспечение наименьших затрат перегрузочного оборудования, гарантирующих обработку поезда за заданный промежуток времени без влияния на остальные операции. Результатами моделирования являются вероятностные распределения потребности в подъемно-транспортном оборудовании при различных схемах организации работ, на основании которых может быть выбрана оптимальная схема обработки поезда.

*Ключевые слова:* контейнерный терминал, тыловой грузовой фронт, обработка поезда, имитационное моделирование, анализ операций, престакинг, сухой порт, перегрузочное оборудование, пропускная способность.

**Для цитирования:**

Кузнецов А. Л. Планирование работы тыловых грузовых фронтов морских контейнерных терминалов методами имитационного моделирования / А. Л. Кузнецов, А. В. Кириченко, А. Д. Семенов // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2019. — Т. 11. — № 2. — С. 243–253. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-2-243-253.

---

### Введение (Introduction)

Морские порты и грузовые терминалы являются по-своему уникальными инфраструктурными объектами, решающими задачу организации взаимодействия магистральных видов транспорта — морского и наземных. Таким образом, проблемным вопросом было и остается определение научно обоснованных методов планирования работы взаимодействующих грузовых фронтов — морского и тыловых (автомобильного, железнодорожного). Особую актуальность вопрос приобрел с развитием еще более сложных инфраструктурных систем — «сухих портов», когда к уже традиционной схеме взаимодействия добавилось дополнительное наземное транспортное звено, привнесшее в морской порт (в большей степени это касается контейнерных терминалов) дополнительные грузовые фронты. В связи с этим необходимо отметить, что какая-либо оптимизация работы морского порта в целом невозможна без оптимизации технологических процессов его тыловых грузовых фронтов, относящихся к наземным видам транспорта.

Важнейшей характеристикой контейнерного терминала является его пропускная способность, которая может измеряться различными способами: количеством контейнеров, которые терминал может перегрузить в год; количеством железнодорожных составов или автомобильных транспортных средств, которые терминал может обработать за сутки и т. д. [1]–[3]. Пропускная способность во многом определяется составом подъемно-транспортного оборудования, используемого на терминале. Чаще всего на современных контейнерных терминалах в качестве основного складировующего оборудования используют ричстакеры (RS), автоконтейнеровозы (SC), складские перегружатели на пневмокошечном (RTG) или рельсовом (RMG) ходу.

Каждый вид и тип оборудования имеет свои технические и экономические характеристики, обуславливающие выбор того или иного оборудования конкретным проектировщиком или оператором терминала, однако единой методики для обоснования этого выбора не существует. Во многом он носит субъективный характер [4]–[6]. Добавляет сложности и то обстоятельство, что значительное влияние на производительность и экономические характеристики транспортной схемы терминала оказывают выбранная технология работы и управленческие решения, такие как структура организации штабеля и всей контейнерной площадки, идеология планирования оперативной деятельности, а также организация процесса обработки различных грузопотоков. Традиционные расчетно-аналитические методики, в течение многих десятилетий использовавшиеся для решения задач проектирования, планирования и управления операциями контейнерных терминалов, не учитывают указанные факторы [7]–[9]. В то же время рост объемов складирования приводит к известному феномену «комбинаторного взрыва» при попытках решения задач планирования

традиционными математическими методами: часть задач не поддается строгой формализации, необходимой для алгоритмизации и последующего создания компьютерных средств решения; практически все они носят многокритериальный характер, исключая известные методы оптимизации.

Анализ оперативных решений и выбор наилучших из них является, пожалуй, наиболее сложной частной задачей подобного рода, поскольку использование традиционных расчетно-аналитических методов зачастую не позволяет оценить, какое влияние на производительность и экономические характеристики транспортной схемы терминала окажет тот или иной вариант организации работ. Натурные эксперименты, связанные с практической реализацией различных вариантов, сопряжены с затратами и потерями, неприемлемыми на действующем терминале [10].

Вместе с тем современные методы имитационного моделирования во многих случаях позволяют провести необходимые эксперименты на достаточно адекватной компьютерной модели или «цифровом двойнике» терминала. Преимуществом имитационного моделирования является возможность достаточно эффективного сравнительного анализа большого числа вариантов и параметров с целью выбора оптимального. При этом технологии и стратегии управления терминалом органично включаются в имитационные модели [11]–[13], однако сложность создания моделей и порог освоения программного продукта, построенного на этой основе, все больше увеличивают разрыв между академическими исследованиями и инструментами практической деятельности. Очевидной становится необходимость формирования нового, промежуточного, уровня представлений: наука должна «спуститься с небес» и немного упростить способ и технологию исследований, а практика — сделать шаг навстречу для понимания новых концепций и связанных с ними возможностей. Создание все более сложных инновационных моделей является важной научной задачей. Вместе с тем не менее важная задача состоит в том, чтобы убедить проектировщиков и операторов терминала пользоваться ими.

В данной статье не описывается структура, архитектура и интерфейс средств имитационного моделирования. В ней на примере конкретной и актуальной для многих терминалов задачи — совершенствования процедуры обработки контейнерных поездов на тыловом грузовом фронте морского порта (контейнерного терминала) — описывается процедура решения, основанная на применении компьютерного инструмента: *имитационного моделирования*.

### Методы и материалы (Methods and Materials)

Проанализируем наиболее приоритетную операцию — обработку железнодорожного подвижного состава на тыловом грузовом фронте. Данная операция требует высокой производительности, что вызвано жесткими условиями соглашения с железнодорожной станцией. В свою очередь, с операционной точки зрения обработка поезда является наиболее трудоемкой технологической операцией, что связано с выборкой из штабеля контейнеров, составляющих вывозимую через тыловой грузовой фронт железнодорожную партию.

При обработке поезда немаловажную роль играет устройство штабеля. На рис. 1 показан общий вид контейнерного склада при моделировании его произвольного заполнения, не достигающего максимально допустимого объема складирования.

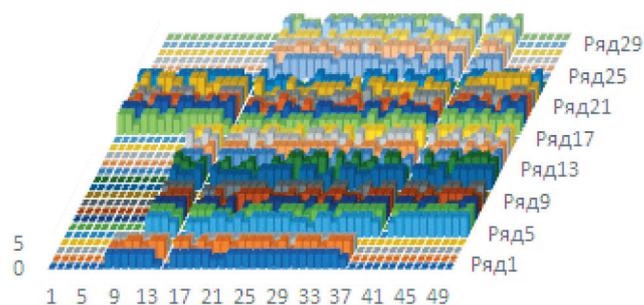


Рис. 1. Общий вид контейнерного склада

Во время обработки железнодорожного подвижного состава доминирующим процессом на терминале служит выборка из штабелей контейнерного склада заданного количества контейнеров, составляющих грузовую партию для погрузки контейнерного поезда. В общем виде процедура выборки и погрузки контейнеров на поезд показана на рис. 2, где дугами показаны перемещения между начальным положением контейнера в штабеле и конечным положением на железнодорожной платформе («производительные движения»). Выборка из штабеля в общем случае требует дополнительных перемещений контейнеров, блокирующих доступ к целевому контейнеру («непроизводительные движения»), которые на рис. 2 не показаны.

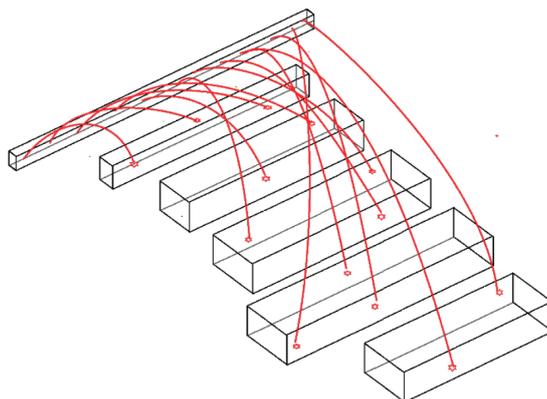


Рис. 2. Обобщенная процедура погрузки контейнерного поезда

Отношение числа производительных движений к общему их числу, т. е. сумме производительных и непроизводительных движений, называется *селективностью контейнеров*. Селективность, равная единице, характеризует прямой доступ к каждому контейнеру, а стремление селективности к нулю характеризует повышение трудоемкости выборки за счет «рытья» штабеля. Очевидно, что низкая селективность связана со снижением эффективной производительности, определяемой количеством производительных движений в час. При этом время погрузки железнодорожного состава определяется именно эффективной производительностью технологического оборудования. Чем короче допустимый интервал обработки железнодорожного подвижного состава, тем выше должна быть интенсивность погрузочных операций, которая в простейшем случае может быть обеспечена за счет использования большого количества технологического оборудования.

Другим вариантом постановки задачи является оценка минимальной длительности интервала обработки состава при фиксированной численности технологического оборудования. Предполагается, что общая производительность терминала и его пропускная способность могут быть значительно повышены за счет административных, организационных и технологических мероприятий.

Сугубо *административной мерой*, способной сократить интервал обработки железнодорожного подвижного состава на тыловом грузовом фронте, является прекращение всех иных операций, не связанных с этой обработкой и использующих то же технологическое оборудование. Задачей в этом случае является необходимость оценить, насколько при этом сократится интервал обработки за счет высвободившегося ресурса и какое влияние на другие операции окажет отвлечение технологического оборудования на приоритетные операции в течение этого интервала.

*Административно-организационной мерой* является «престакинг», т. е. формирование в свободный промежуток между обработкой на тыловом грузовом фронте железнодорожных подач предварительного штабеля контейнеров, составляющих вывозимую железнодорожную партию (рис. 3). Престакинг может выполняться на терминале наряду с иными технологическими операциями или даже иметь по сравнению с ними более низкий приоритет и осуществляться в свободное (например, ночное) время.

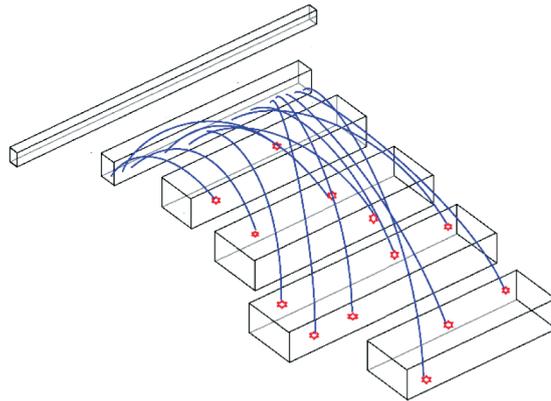


Рис. 3. Формирование предварительного штабеля

По прибытии подвижного состава на терминал сформированный штабель грузится на железнодорожные платформы (рис. 4).

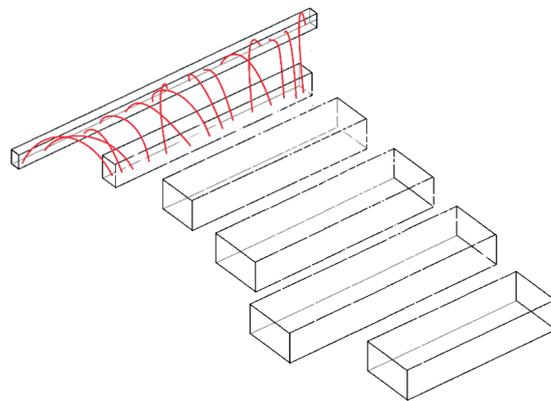


Рис. 4. Погрузка состава из предварительно сформированного штабеля

Очевидно, что в такой двухфазной процедуре общее количество движений увеличивается, поскольку формирование предварительного штабеля требует такого же количества движений, что и прямая погрузка, но во втором случае дополнительно возникает необходимость перегрузки сформированного штабеля на железнодорожные платформы (рис. 5).

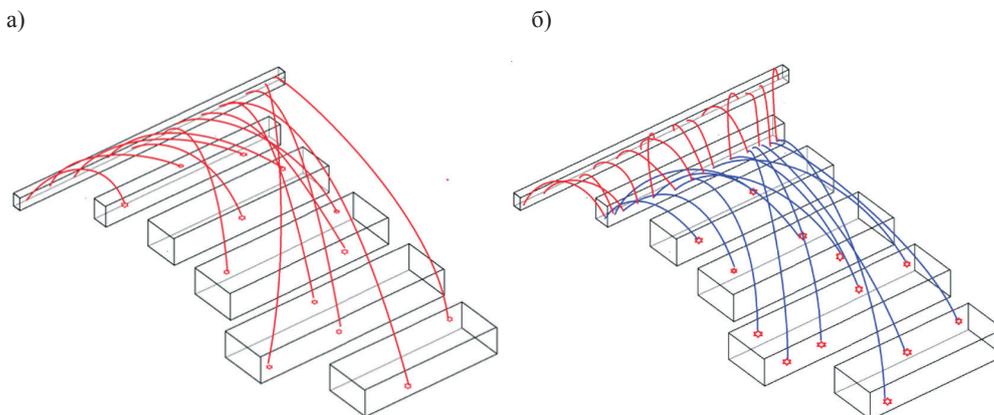


Рис. 5. Сравнение однофазной (а) и двухфазной (б) погрузки

С другой стороны, выполняемые во время погрузки состава движения являются короткими по расстоянию и не требуют перемещения блокирующих доступ контейнеров («рытья»),

что обеспечивает более высокую эффективную производительность. Увеличение количества операций в основном оказывает влияние на операции ричстакеров, которые участвуют как в формировании предварительного штабеля, так и в последующей погрузке железнодорожного подвижного состава. Все остальное оборудование, наоборот, получает более равномерную загрузку на протяжении суток за счет устранения жесткого интервала обработки железнодорожных подач. Задачей в рассматриваемом случае является количественная оценка новых требований и возможностей.

Наконец, возможной *организационно-технологической мерой* является вариант престакинга за счет выделения для предварительного штабеля нескольких секций склада, формируемых складировочной машиной с высокой ярусностью штабелирования. В этом случае отпадает необходимость формирования какого-либо предварительного штабеля в непосредственной близости от тылового грузового фронта. Ричстакеры в этом случае могут обслуживать исключительно операции погрузки контейнеров на железнодорожные платформы, которые будут подаваться в рабочую зону терминальными тягачами (рис. 6).

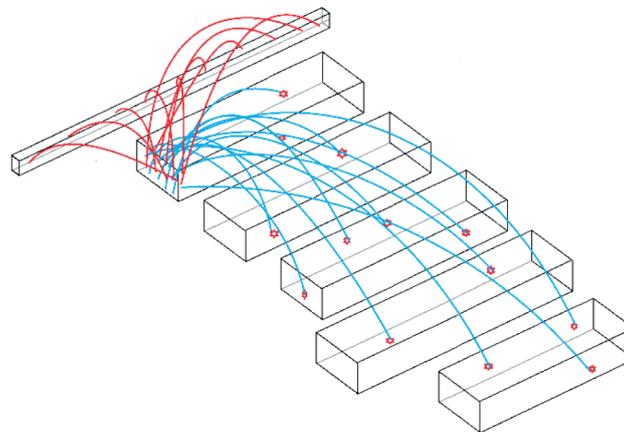


Рис. 6. Формирование предварительного штабеля как секции основных линий

Такое решение позволяет увеличить общую площадь основания штабелей в наземных слотах, использовать для работы во всех линиях исключительно высокопроизводительные складские перегружатели, освободить ричстакеры для обработки железнодорожных составов и выполнения вспомогательных операций. Задачей в данном случае является оценка количественно получаемых в результате перехода на такую схему преимуществ.

Очевидно, что оптимальный вариант из предлагаемых решений должен быть выбран на основе рационального сравнения, которое предполагает выполнение на первом этапе аналитических расчетов. На втором этапе аналитические расчеты должны быть подтверждены имитационным моделированием предлагаемых вариантов. При этом последние служат способом подтверждения адекватности полученных имитационных моделей, что позволяет использовать их в процессе дальнейших операционных исследований.

### Результаты (Results)

Критерием оценки качества различных проектных решений служит требуемое количество оборудования, которое оценивается с помощью имитационной модели. В соответствии с ранее изложенным, к сравниваемым технологическим схемам организации процесса обработки относятся следующие:

– *традиционная схема* — погрузка железнодорожной подачи — осуществляется одновременно с другими операциями. При этом предполагается, что обработка железнодорожного подвижного состава выполняется в течение интервала, равного восьми часам;

– *схема с абсолютным приоритетом операции* — используется для обработки железнодорожной подачи за четыре часа. При этом предлагается приостановить все операции, кроме погрузки и выгрузки контейнерных платформ;

– *схема с престакингом* — в этом случае в промежуток между прибытием железнодорожных подач на паритетных условиях выполняется подготовка штабеля престакинга для погрузки железнодорожного подвижного состава и по его прибытию производится выгрузка / погрузка контейнеров в линию, расположенную вблизи железнодорожно-грузового фронта;

– *схема с престакингом и использованием RTG в качестве основной складировочной машины* (еще один вариант оптимизации времени обработки железнодорожных подач) — требует реорганизации всей транспортно-технологической схемы терминала. В качестве основной машины предлагается использовать RTG, а на вспомогательных операциях — RS вне контейнерной площадки: обработка подвижного состава, подача / уборка контейнеров со склада комплектации, взвешивание контейнеров и т. д.

На рис. 7 показаны графики распределения различного оборудования по часам суток согласно описанным вариантам организации работ. Каждая линия графика представляет собой один эксперимент. Широкой красной линией обозначена средняя потребность в оборудовании на каждый час.

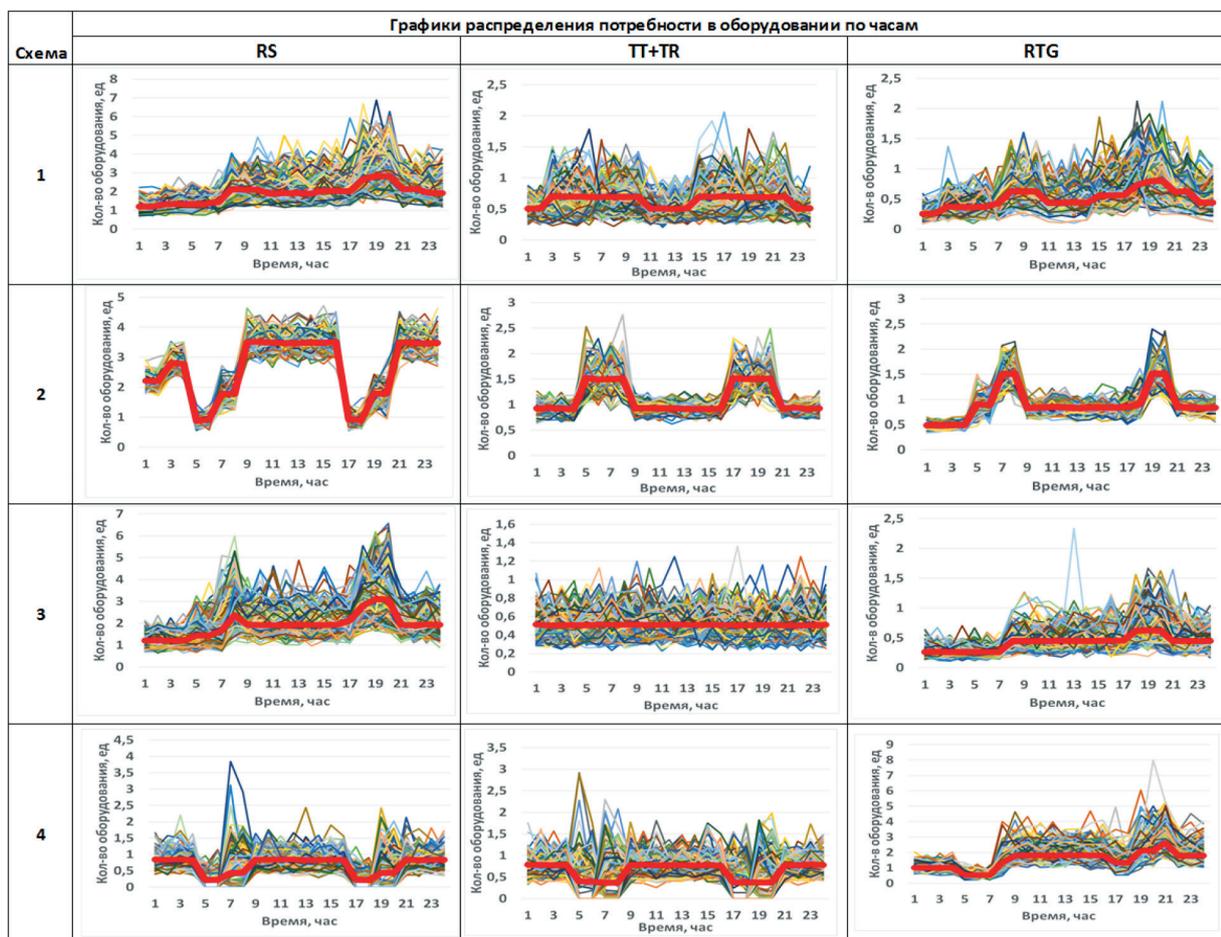


Рис. 7. Формирование предварительного штабеля как секции основных линий

На основании приведенных данных строятся вероятностные распределения потребности в оборудовании. На рис. 8 показаны графики функций плотности распределения случайной величины — потребности в каждом типе оборудования для различных схем организации работы терминала, а на рис. 9 — графики соответствующих интегральных функций распределения потребности в оборудовании.

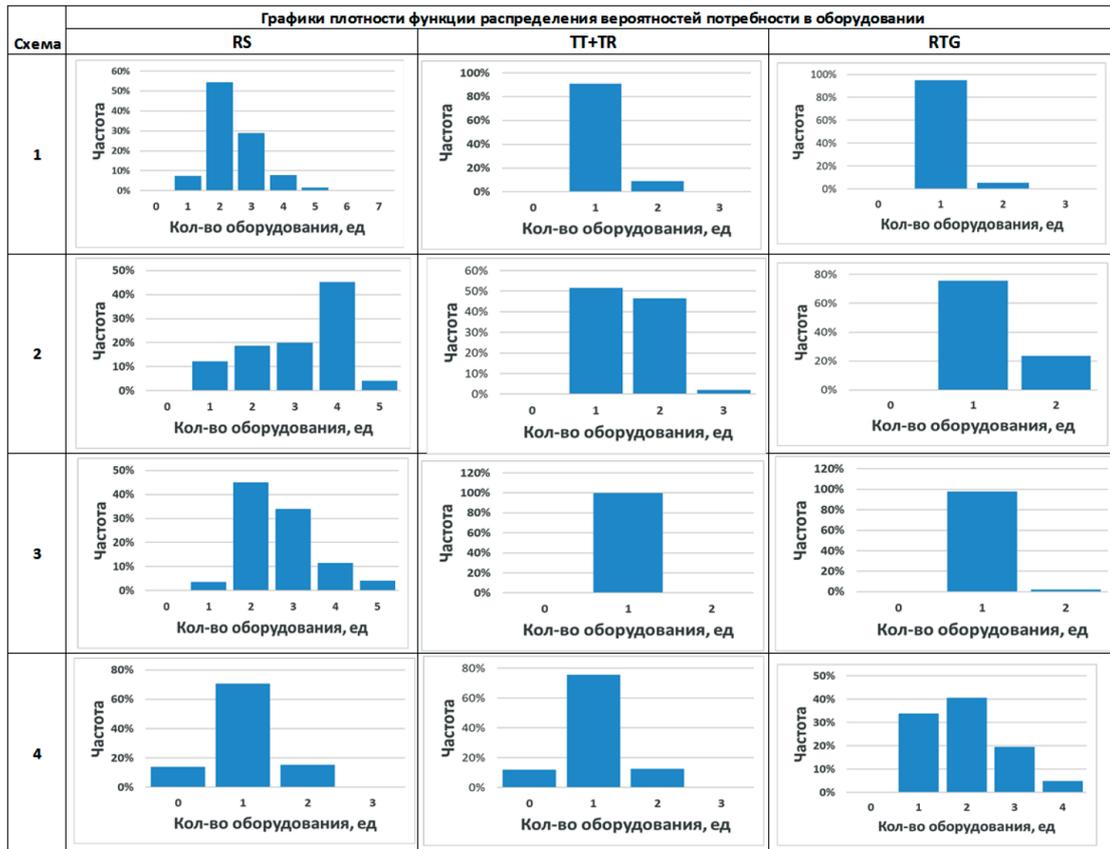


Рис. 8. Графики функций плотности распределения потребности в оборудовании

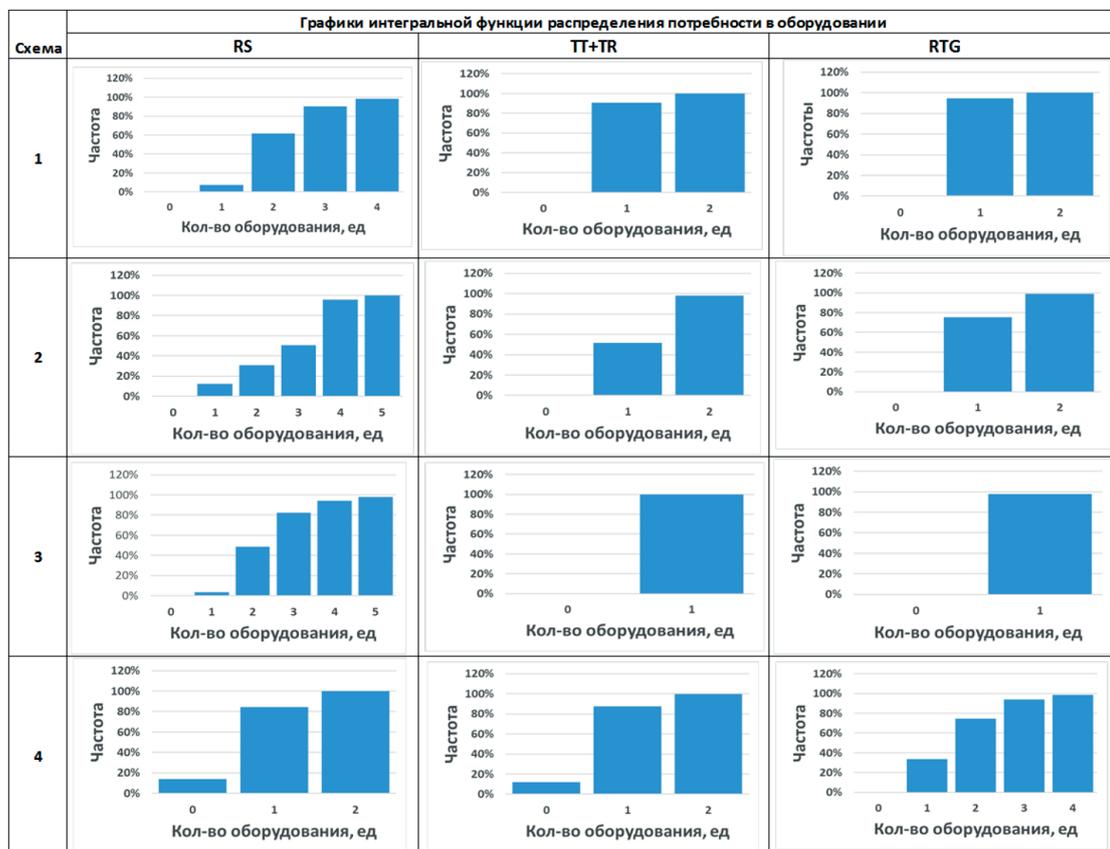


Рис. 9. Графики интегральных функций распределения потребности в оборудовании

### Обсуждение (Discussion)

Представленные результаты моделирования позволяют проектировщикам или руководству компании принять решение о необходимом количестве оборудования. Данный выбор основан на стратегии компании и опыте лица, принимающего решение. В случае, если на терминале стремятся к экономии на издержках и считают приемлемым наличие постоянных очередей, то будет выбрана одна схема, если руководство компании хочет, чтобы любое транспортное средство обрабатывалось за минимальный период времени — другая. Такая вариативность, или возможность анализа различных вариантов, делает компьютерное моделирование важнейшим инструментом в принятии управленческих решений. Однако, как отмечалось ранее, внедрение имитационных моделей в оперативную работу компании связано с рядом трудностей, главными из которых являются сложность моделей и отсутствие понимания выгоды от их использования. Первая проблема связана с трудоемкостью обучения персонала, вторая — с отсутствием понимания возможностей и назначения предлагаемых имитационных моделей. Для преодоления этих трудностей необходимо постоянное взаимодействие компаний с академической наукой. Только в этом случае создаваемые имитационные модели будут отвечать требованиям практики, а принимаемые решения обоснованы с помощью современных методов. Внедрение создаваемых моделей в процесс обучения специалистов повысит практический интерес к развитию данных моделей, поскольку новые кадры будут способствовать внедрению имитационного моделирования в оперативную работу компании.

### Выводы (Conclusion)

В результате проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. В исследовании была рассмотрена проблема внедрения имитационного моделирования в оперативную работу компаний.
2. Основной трудностью при внедрении создаваемых моделей признается отсутствие понимания возможной выгоды от их применения.
3. Для того чтобы наглядно показать возможный эффект от применения имитационного моделирования в работе было предложено проанализировать различные варианты организации процедуры обработки железнодорожного подвижного состава на тыловом грузовом фронте морского контейнерного терминала с помощью специализированной имитационной модели.
4. Результаты моделирования позволяют принять решение о необходимом количестве оборудования.
5. Доказано, что для внедрения моделирования в оперативную работу компании необходимо тесное взаимодействие организации с академической наукой и внедрение создаваемых моделей в процесс обучения специалистов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Jacobsson S.* Differentiation of access management services at seaport terminals: Facilitating potential improvements for road hauliers / S. Jacobsson, P.O. Arnäs, G. Stefansson // *Journal of Transport Geography*. — 2018. — Vol. 70. — Pp. 256–264. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2018.06.009.
2. *Taner M. E.* Layout analysis affecting strategic decisions in artificial container terminals / M. E. Taner, O. Kulak, M. U. Koyuncuoğlu // *Computers & Industrial Engineering*. — 2014. — Vol. 75. — Pp. 1–12. DOI: 10.1016/j.cie.2014.05.025.
3. *Xie Y.* Optimal planning for container prestacking, discharging, and loading processes at seaport rail terminals with uncertainty / Y. Xie, D.P. Song // *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. — 2018. — Vol. 119. — Pp. 88–109. DOI: 10.1016/j.tre.2018.09.008.
4. *Upadhyay A.* Optimal loading of double-stack container trains / A. Upadhyay, W. Gu, N. Bolia // *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. — 2017. — Vol. 107. — Pp. 1–22. DOI: 10.1016/j.tre.2017.08.010.

5. Kuzmicz K. A. Approaches to empty container repositioning problems in the context of Eurasian intermodal transportation / K.A. Kuzmicz, E. Pesch // *Omega*. — 2019. — Vol. 85. — Pp. 194–213. DOI: 10.1016/j.omega.2018.06.004.
6. Rouky N. Optimization of Containers Transfer in Le Havre Port: a New Algorithm for the Railway Transportation System / N. Rouky, P. Couzon, J. Boukachour, D. Boudebous, A.E.H. Alaoui // *IFAC-PapersOnLine*. — 2018. — Vol. 51. — Is. 11. — Pp. 1676–1681. DOI: 10.1016/j.ifacol.2018.08.215.
7. Chen H. Developing a model for measuring the resilience of a port-hinterland container transportation network / H. Chen, K. Cullinane, N. Liu // *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. — 2017. — Vol. 97. — Pp. 282–301. DOI: 10.1016/j.tre.2016.10.008.
8. Chen H. Strategic investment in enhancing port-hinterland container transportation network resilience: A network game theory approach / H. Chen, J. S. L. Lam, N. Liu // *Transportation Research Part B: Methodological*. — 2018. — Vol. 111. — Pp. 83–112. DOI: 10.1016/j.trb.2018.03.004.
9. Davydov B. Prediction of the train traffic in a transport corridor / B. Davydov, K. Kablukova, A. Godyaev // *Procedia engineering*. — 2016. — Vol. 165. — Pp. 1430–1436. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.11.875.
10. Rashidi H. Novel constraints satisfaction models for optimization problems in container terminals / H. Rashidi, E. P. K. Tsang // *Applied Mathematical Modelling*. — 2013. — Vol. 37. — Is. 6. — Pp. 3601–3634. DOI: 10.1016/j.apm.2012.07.042.
11. Carteni A. Tactical and strategic planning for a container terminal: Modelling issues within a discrete event simulation approach / A. Carteni, S. De Luca // *Simulation Modelling Practice and Theory*. — 2012. — Vol. 21. — Is. 1. — Pp. 123–145. DOI: 10.1016/j.simpat.2011.10.005.
12. Kuznetsov A.L. Simulation Model of Container Land Terminals / A.L. Kuznetsov, A.V. Kirichenko, J. J. Eglit // *TransNav: International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*. — 2018. — Vol. 12. — No. 2. — Pp. 321–326. DOI: 10.12716/1001.12.02.13.
13. Kuznetsov A.L. Methodological Problems of Modern Transportation Logistics / A.L. Kuznetsov, A. V. Kirichenko // *TransNav: International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*. — 2018. — Vol. 12. — No. 3. — Pp. 611–616. DOI: 10.12716/1001.12.03.21.

## REFERENCES

1. Jacobsson, Stefan, Per Olof Arnäs, and Gunnar Stefansson. “Differentiation of access management services at seaport terminals: Facilitating potential improvements for road hauliers.” *Journal of Transport Geography* 70 (2018): 256–264. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2018.06.009.
2. Taner, Mustafa Egemen, Osman Kulak, and Mehmet Ulaş Koyuncuoğlu. “Layout analysis affecting strategic decisions in artificial container terminals.” *Computers & Industrial Engineering* 75 (2014): 1–12. DOI: 10.1016/j.cie.2014.05.025.
3. Xie, Ying, and Dong-Ping Song. “Optimal planning for container prestaging, discharging, and loading processes at seaport rail terminals with uncertainty.” *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 119 (2018): 88–109. DOI: 10.1016/j.tre.2018.09.008.
4. Upadhyay, Amit, Weihua Gu, and Nimesh Bolia. “Optimal loading of double-stack container trains.” *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 107 (2017): 1–22. DOI: 10.1016/j.tre.2017.08.010.
5. Kuzmicz, Katarzyna Anna, and Erwin Pesch. “Approaches to empty container repositioning problems in the context of Eurasian intermodal transportation.” *Omega* 85 (2019): 194–213. DOI: 10.1016/j.omega.2018.06.004.
6. Rouky, Naoufal, Paulin Couzon, Jaouad Boukachour, Dalila Boudebous, and Ahmed El Hilali Alaoui. “Optimization of Containers Transfer in Le Havre Port: a New Algorithm for the Railway Transportation System.” *IFAC-PapersOnLine* 51.11 (2018): 1676–1681. DOI: 10.1016/j.ifacol.2018.08.215.
7. Chen, Hong, Kevin Cullinane, and Nan Liu. “Developing a model for measuring the resilience of a port-hinterland container transportation network.” *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 97 (2017): 282–301. DOI: 10.1016/j.tre.2016.10.008.
8. Chen, Hong, Jasmine Siu Lee Lam, and Nan Liu. “Strategic investment in enhancing port-hinterland container transportation network resilience: A network game theory approach.” *Transportation Research Part B: Methodological* 111 (2018): 83–112. DOI: 10.1016/j.trb.2018.03.004.
9. Davydov, Boris, Ksenia Kablukova, and Alexander Godyaev. “Prediction of the train traffic in a transport corridor.” *Procedia engineering* 165 (2016): 1430–1436. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.11.875.

10. Rashidi, Hassan, and Edward PK Tsang. “Novel constraints satisfaction models for optimization problems in container terminals.” *Applied Mathematical Modelling* 37.6 (2013): 3601–3634. DOI: 10.1016/j.apm.2012.07.042.

11. Carteni, Armando, and Stefano De Luca. “Tactical and strategic planning for a container terminal: Modelling issues within a discrete event simulation approach.” *Simulation Modelling Practice and Theory* 21.1 (2012): 123–145. DOI: 10.1016/j.simpat.2011.10.005.

12. Kuznetsov, A.L., A.V. Kirichenko, and J.J. Eglit. “Simulation Model of Container Land Terminals.” *TransNav: International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation* 12.2 (2018): 321–326. DOI: 10.12716/1001.12.02.13.

13. Kuznetsov, A.L., and A.V. Kirichenko. “Methodological Problems of Modern Transportation Logistics.” *TransNav: International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation* 12.3 (2018): 611–616. DOI: 10.12716/1001.12.03.21.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Кузнецов Александр Львович** —

доктор технических наук, профессор  
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала  
С. О. Макарова»  
198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург,  
ул. Двинская, 5/7  
e-mail: [thunder1950@yandex.ru](mailto:thunder1950@yandex.ru), [kaf\\_pgt@gumrf.ru](mailto:kaf_pgt@gumrf.ru)

**Кириченко Александр Викторович** —

доктор технических наук, профессор  
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала  
С. О. Макарова»  
198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург,  
ул. Двинская, 5/7  
e-mail: [KirichenkoAV@gumrf.ru](mailto:KirichenkoAV@gumrf.ru)

**Семенов Антон Денисович** — диспетчер

ООО «Логистический парк «Янино»  
Российская Федерация, Ленинградская область,  
Всеволожский район, д. Янино-1,  
Торгово-логистическая зона «Янино-1», № 1  
e-mail: [asemyonov054@gmail.com](mailto:asemyonov054@gmail.com)

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Kuznetsov, Aleksandr L.** —

Dr. of Technical Sciences, professor  
Admiral Makarov State University of Maritime  
and Inland Shipping  
5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035,  
Russian Federation  
e-mail: [thunder1950@yandex.ru](mailto:thunder1950@yandex.ru), [kaf\\_pgt@gumrf.ru](mailto:kaf_pgt@gumrf.ru)

**Kirichenko, Aleksandr V.** —

Dr. of Technical Sciences, professor  
Admiral Makarov State University of Maritime  
and Inland Shipping  
5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035,  
Russian Federation  
e-mail: [KirichenkoAV@gumrf.ru](mailto:KirichenkoAV@gumrf.ru)

**Semenov, Anton D.** — Dispatcher

Yanino Logistics Park LLC  
Vsevolozhsky District, Yanino-1 village,  
Trade and logistics zone Yanino-1, No. 1,  
Leningrad Region, Russian Federation  
e-mail: [asemyonov054@gmail.com](mailto:asemyonov054@gmail.com)

Статья поступила в редакцию 14 марта 2019 г.

Received: March 14, 2019.