

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА, СУДОВОЖДЕНИЕ

DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-3-417-429

THE INFLUENCE OF CONTAINER HANDLING EQUIPMENT TECHNICAL LIMITATIONS ON THE OPERATIONS PRODUCTIVITY

A. L. Kuznetsov¹, A. D. Semenov², V.P. Levchenko¹

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

² — Yanino Logistics Park LLC, Leningrad Region, Russian Federation

To calculate the number of container terminal equipment the information on the annual cargo traffic distribution and the handling equipment productivity is required. The wrong calculations in the hourly tasks for operation or productivity can lead to the wrong decisions in the number of needed equipment, the impossibility to handle the growing cargo traffic. Therefore, it is necessary to pay a special attention to the methods of calculation and generation of the specified parameters. However, designing a new terminal or analyzing the activity of existing one the specialists do not consider some technical limitations of certain handling equipment that influence on its productivity. Particularly, the reduction in productivity of warehouse loading cranes at high filling of the stack is not taken into account. As the stack occupancy rate approaches one the number of permutations per container doubles, that is connected with impossibility to place containers on the tier designed for spreader movement. In this case an operator has to place some boxes on the top level of the stack and then put them back. The influence of the described technology on the productivity cannot be revealed by the traditional mathematical methods. To evaluate the impact of this parameter a simulation model of the warehouse loading crane operation is created. The model allows us to prove that the productivity decreases when reaching 90% of the warehouse's occupancy. The suggested method can be used to define the probability density function of handling equipment more correctly.

Keywords: seaport, dry port, container terminal, productivity, handling equipment, selectivity, simulation modelling, gantry crane, stack organization, warehouse capacity.

For citation:

Kuznetsov, Aleksandr L., Anton D. Semenov, and Veronika P. Levchenko. "The influence of container handling equipment technical limitations on the operations productivity." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 11.3 (2019): 417–429. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-3-417-429.

УДК: 656.615

ВЛИЯНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ОГРАНИЧЕНИЙ ПЕРЕГРУЗОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ОПЕРАЦИЙ

А. Л. Кузнецов¹, А. Д. Семенов², В. П. Левченко¹

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

² — ООО «Логистический Парк «Янино», Ленинградская область, Российская Федерация

Для расчета количества перегрузочного оборудования необходима информация о распределении годового грузопотока и о производительности перегрузочного оборудования. Ошибки в определении часового задания на операции или расчете производительности могут привести к неправильному определению необходимого количества технологических ресурсов, невыполнению растущего грузопотока и, как следствие, к снижению эффективности работы терминала. В работе акцентируется внимание на том, что все эти факторы требуют особого внимания к методам расчета и генерации указанных величин. Доказывается, что при проектировании терминалов и анализе их оперативной деятельности современные методы расчета производительности не учитывается влияние технических ограничений перегрузочного оборудования.

В частности, не принимается во внимание снижение производительности складских перегружателей при высоком заполнении штабеля. В статье рассматривается проблема, возникающая при приближении коэффициента занятости штабеля к единице: количество перестановок на один контейнер резко увеличивается, поскольку из-за невозможности заполнения проносного яруса контейнеры, временно поставленные в верхний ярус, должны быть возвращены в исходную позицию. Влияние описанной особенности технологии выполнения операций на производительность не может быть оценено традиционными математическими (алгебраическими) методами. В связи с этим для численной оценки влияния данного фактора предлагается использовать имитационную модель работы складского перегружателя. В результате проведенного исследования определена зависимость производительности от занятости штабеля с учетом увеличения числа перестановок. Доказано, что производительность контейнерных перегружателей снижается при достижении 90 % занятости склада. Кроме того, разработанный метод может быть использован для получения более точного распределения производительности перегрузочного оборудования.

Ключевые слова: морской порт, сухой порт, контейнерный терминал, производительность, перегрузочное оборудование, селективность, имитационное моделирование, козловой кран, организация штабеля, вместимость склада.

Для цитирования:

Кузнецов А. Л. Влияние технических ограничений перегрузочного оборудования на производительность операций / А. Л. Кузнецов, А. Д. Семенов, В. П. Левченко // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2019. — Т. 11. — № 3. — С. 417–429. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-3-417-429.

Введение (Introduction)

В проектировании контейнерного терминала особое место занимает расчет необходимого количества технологических ресурсов. Недостаток перегрузочного оборудования приведет к снижению пропускной способности терминала и к невыполнению заданного грузопотока. В связи с этим большое внимание при расчетах должно уделяться исходным параметрам: часовому заданию на операциях и производительности перегрузочного оборудования.

Вопросам определения и генерации часового задания в последнее время было посвящено множество работ. В частности, в работе [1] предлагается рассчитывать задание на операцию исходя из годового грузопотока и его неравномерности в различные периоды времени, которая формирует некоторую структуру неравномерности грузопотока. В работе [2] предлагается метод мягкой генерации грузопотока, который позволяет задавать распределение грузопотока на основании количественных данных, а также качественных суждений. В работе [3] для прогнозирования грузопотока контейнерного терминала предлагается использовать специализированную искусственную нейронную сеть. В то же время вопросу расчета производительности уделяется не так много внимания. Как правило, расчет производительности осуществляется на основании данных о продолжительности перегрузочного цикла, времени переезда между операциями, структуры штабеля и занятости склада [4]–[7]. Однако в традиционных расчетах не учитывается влияние ряда технических особенностей применяемого типа оборудования на производительность операций. В то же время оценка влияния данных параметров невозможна обычными математическими методами и требует применения имитационного моделирования.

В данной работе рассматривается влияние технических особенностей работы специализированного складского перегружателя (RTG или RMG) на производительность выполняемых им операций. Для оценки этих параметров была разработана специализированная имитационная модель.

Методы и материалы (Methods and materials)

В общем случае под производительностью понимают количество движений, которое определен тип оборудования может сделать за час¹. В то же время выделяют техническую, экс-

¹ Свод правил СП 350.1326000–2018. Нормы технологического проектирования морских портов. — М.: Стандартинформ, 2018. — 218 с.

плуатационную и коммерческую производительность. Техническая производительность, которая указывается в документации производителя, как правило, определяется по следующей формуле:

$$P_t = \frac{3600}{T_{\text{движ}}}, \quad (1)$$

где $T_{\text{движ}}$ — время выполнения одного перемещения контейнера в штабеле, с.

Эта производительность показывает максимальное количество движений, которое оборудование способно выполнить за час. Данное значение не может использоваться при расчетах, поскольку любая технология требует ряда вспомогательных операций, в частности переезда перегрузочного оборудования из одной позиции в другую. В связи с этим при расчетах используют не техническую, а эксплуатационную производительность, получаемую путем учета соответствующих факторов в цикле движения с помощью специального коэффициента $k \leq 1$ перехода от технической к эксплуатационной производительности: $P_{\text{э}} = kP_t$.

Кроме того, операции на контейнерной площадке требуют дополнительных непроизводительных движений — перестановок контейнеров, необходимых для того, чтобы достать целевой [8]. Строго говоря, основным параметром, характеризующим коммерческую деятельность терминала, является не общее количество выполненных движений, а количество движений по запросу клиента (производительных движений). Именно эта «коммерческая производительность», определяемая как количество движений в интересах клиента в единицу времени, должна использоваться в расчетах пропускной способности. Коммерческая производительность связана с эксплуатационной производительностью через коэффициент, который называется *селективностью контейнера*. Под селективностью понимается отношение количества коммерческих движений к общему числу движений при выборке контейнеров. Селективность, пересчитанная на один контейнер, в таком случае определяется в следующем виде:

$$S = \frac{1}{N_{\text{движ}}}, \quad (2)$$

где $N_{\text{движ}}$ — среднее количество движений на один контейнер.

Тогда коммерческая производительность определяется по формуле

$$P_k = SP_{\text{э}}. \quad (3)$$

Среднее количество движений на один контейнер может быть получено эмпирическим путем (с помощью статистических наблюдений) или теоретически. Так, в ряде работ [9]–[11] указывается, что среднее количество движений на один контейнер для складских перегружателей с вертикальным доступом может быть определено с помощью формулы

$$N_{\text{движ}} = \frac{h+1}{2}, \quad (4)$$

где h — средняя высота штабелирования.

Указанная формула позволяет построить зависимость среднего числа движений от занятости склада. Действительно, последний параметр может быть определен как функция от средней высоты складирования:

$$k_{\text{зан}} = \frac{E_{\text{факт}}}{E_{\text{max}}} = \frac{hWL}{h_{\text{max}}WL} = \frac{h}{h_{\text{max}}}, \quad (5)$$

где $E_{\text{факт}}$ — фактическое количество контейнеров в штабеле;

E_{max} — вместимость склада;

L — количество секций в штабеле;

W — количество рядов в штабеле;

h — фактическая средняя высота складирования;

h_{max} — максимальная высота складирования.

Отсюда производительность перегрузочного оборудования в дальнейшем может быть определена с помощью одного параметра — коэффициента занятости склада. При этом формула (4) не учитывает ряд технических особенностей складских перегрузателей. В частности, штабель в транспортно-технологической схеме с RTG/RMG обычно сформирован в виде контейнерных блоков, расположенных в просвете портала перегрузателя. Каждый блок, в свою очередь, состоит из отдельных секций, допускающих хранение контейнеров рядами в несколько ярусов. Каждая позиция, в которой располагается контейнер, называется *ячейкой*, проекция ячейки на поверхность терминала — *наземным слотом* (рис. 1).

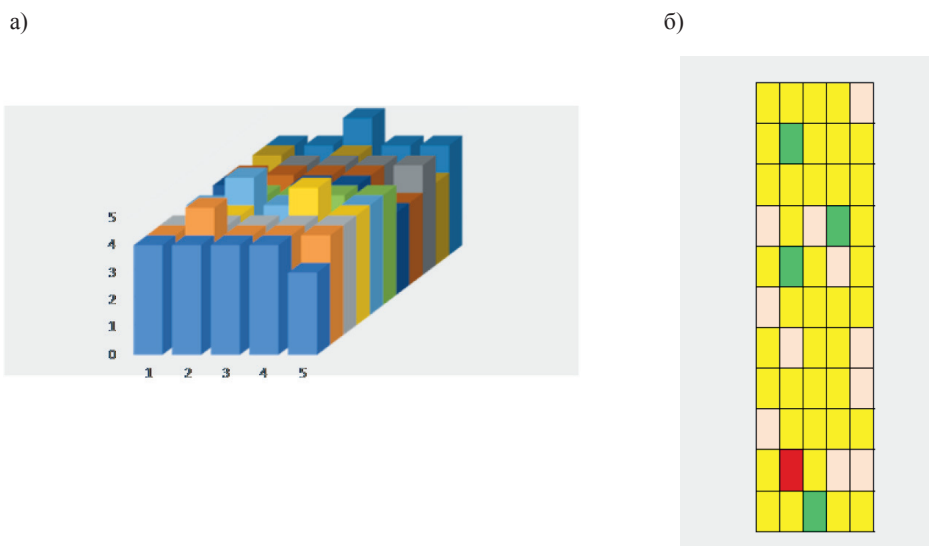


Рис. 1. Проекция штабеля на площадку терминала:
а — модель штабеля; б — наземные слоты

Размеры портала крана определяют характеристики штабеля: ширина штабелирования в одной секции обычно составляет шесть – восемь рядов и включает проезда для ТС, высота — пять – семь рабочих и один проносной ярус [11]. Рабочее пространство, доступное для конкретного перегрузателя, характеризуется при этом, соответственно, как $(6 + 1, 5 + 1)$.

Как правило, секции заполняются так, чтобы при любой занятости штабеля обеспечить доступ к контейнеру из нижнего яруса, перемещая блокирующие контейнеры в пределах только этой секции. Так, если высота складирования — пять ярусов, а ширина — шесть рядов, то на пятом ярусе могут находиться только два контейнера. В таком случае при полной занятости штабеля имеется возможность выбрать нижний контейнер, поместив стоящие над ним контейнеры на пятый ярус (рис. 2).

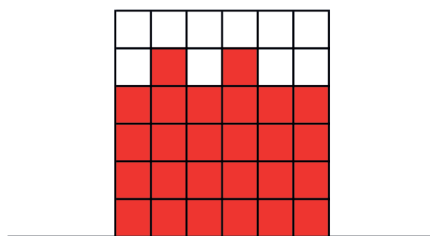


Рис. 2. Структура секции

В то же время такая структура может потребовать дополнительных движений. Так, если секция занята полностью и необходимо выбрать контейнер из нижнего яруса, оператор крана будет вынужден сделать в два раза больше движений: n движений, чтобы достать целевой контейнер, и $n - 1$ движений, чтобы вернуть контейнеры в исходную позицию для сохранения принятой структуры секции (рис. 3).

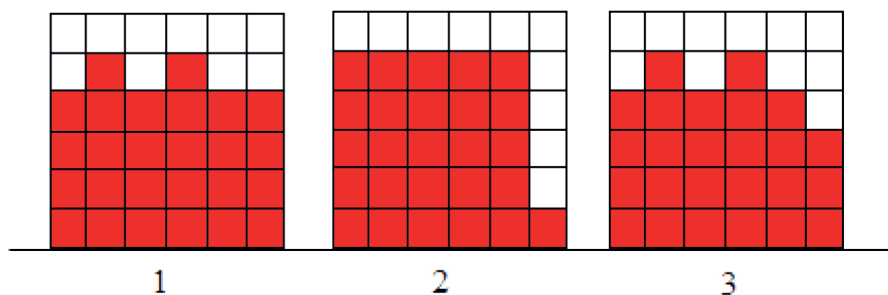


Рис. 3. Выбор и возврат контейнеров: 1 — исходное состояние штабеля;
2 — контейнеры, стоящие над целевым, переносятся в пятый ярус;
3 — целевой контейнер выбирается из штабеля, контейнеры с пятого яруса переставляются обратно

Таким образом, при приближении занятости склада к 100 %, среднее количество движений на один контейнер будет увеличиваться. Аналитические возможности расчета этого увеличения отсутствуют, выявление влияния данного фактора с помощью статистического наблюдения представляется трудоемкой задачей, поскольку требует большого объема выборки и особых условий работы терминала. В то же время современные методы компьютерного моделирования позволяют провести анализ работы цифрового двойника изучаемого объекта и получить необходимые данные [12]. В связи с этим для выявления влияния описываемого технического ограничения на производительность оборудования используется имитационное моделирование.

Для оценки производительности перегрузочного оборудования в первую очередь необходимо использовать адекватные методы генерации штабеля. Некорректные методы генерации приведут к ложным результатам, заложив неверный фундамент сложных моделей расчета производительности. Далее описывается метод генерации контейнерного штабеля в виде блока с заданной структурой. Для простоты считается, что в штабеле находятся контейнеры одного типоразмера.

В модели приняты следующие обозначения:

E — количество контейнеров в штабеле;

V — вместимость штабеля;

W — количество рядов в штабеле;

L — количество секций в штабеле;

$H(j)$ — максимальная высота складирования в j -м ряду;

$\text{cont}(i, j)$ — количество контейнеров в i -й секции, j -м ряду;

a — сгенерированный номер секции для определенного контейнера;

b — сгенерированный номер ряда для определенного контейнера.

Исходными данными в модели является количество контейнеров E , находящихся на складе. Если E равно нулю, то генератор создает пустой штабель. Если заданное количество контейнеров превышает вместимость штабеля, то программа генерирует полностью занятый штабель согласно схеме секций (табл. 1, рис. 2), а контейнеры, которые в него не помещаются, игнорируются.

Таблица 1

Схема секции

Максимальная высота складирования в ряду						
Номер ряда	1	2	3	4	5	6
Количество ярусов	4	5	4	5	4	4

Для генерации штабеля задается схема погрузки — массив последовательности размещения контейнеров в штабеле (табл. 2). Номер в ячейке обозначает, в каком порядке контейнеры ставятся в штабель. Как видно из таблицы, сначала все контейнеры ставятся в первый ярус и первый ряд, затем — во второй ряд и т. д.

Таблица 2

Схема погрузки КТК в штабель

Ярус	31	32	33	34	35	36
	25	26	27	28	29	30
	19	20	21	22	23	24
	13	14	15	16	17	18
	7	8	9	10	11	12
	1	2	3	4	5	6
Ряд						

Предполагается, что контейнеры укладываются не по секциям, а по рядам, т. е. первые контейнеры укладываются только в первый ряд первого яруса. Когда он полностью занят, программа переходит ко второму ряду, заполняя весь его первый ярус по всем секциям. Модель определяет, какое количество рядов, согласно схеме погрузки, может быть заполнено полностью по всем секциям следующим образом:

$$N = \left\lfloor \frac{E}{L} \right\rfloor, \quad (6)$$

где N — количество рядов, которые могут быть заполнены по всем секциям;

символ $\lfloor \dots \rfloor$ обозначает округление содержимого до ближайшего наименьшего целого.

Заполнение рассчитанного количества рядов осуществляется по алгоритму, представленному на рис. 4.

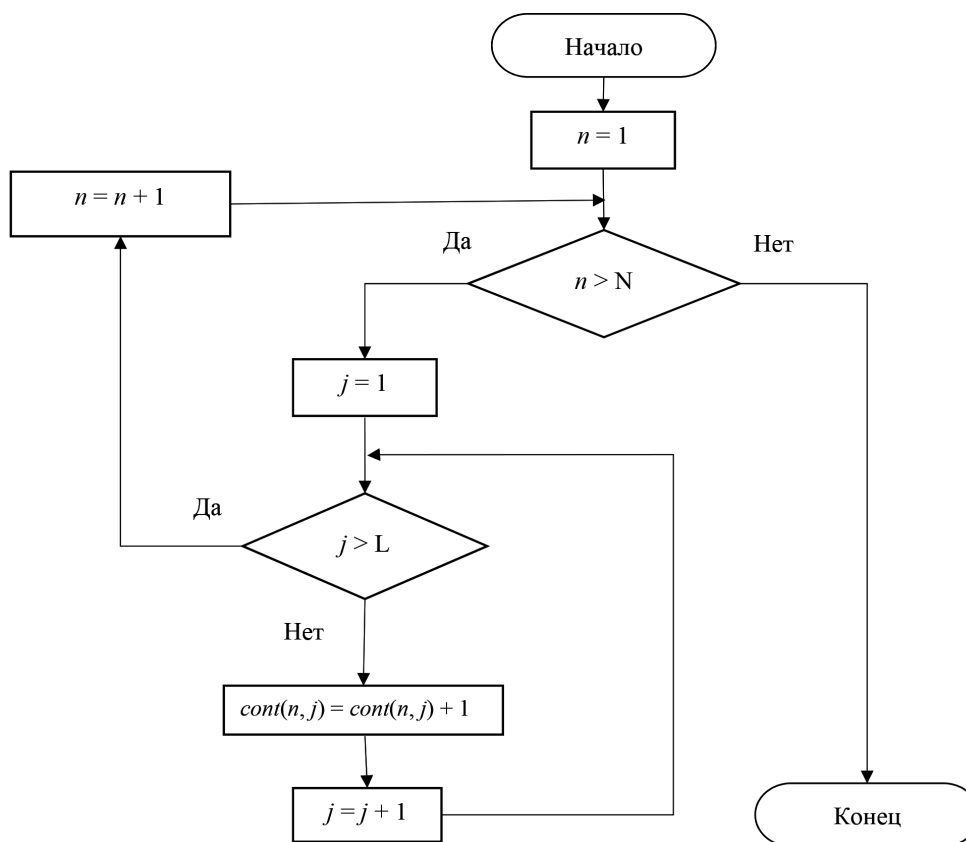


Рис. 4. Алгоритм заполнения штабеля рассчитанного количества рядов

Далее программа определяет, какое количество контейнеров не может заполнить весь ряд:

$$e = E - NL. \quad (7)$$

Эти контейнеры распределяются в штабеле случайным образом согласно алгоритму, представленному на рис. 5.

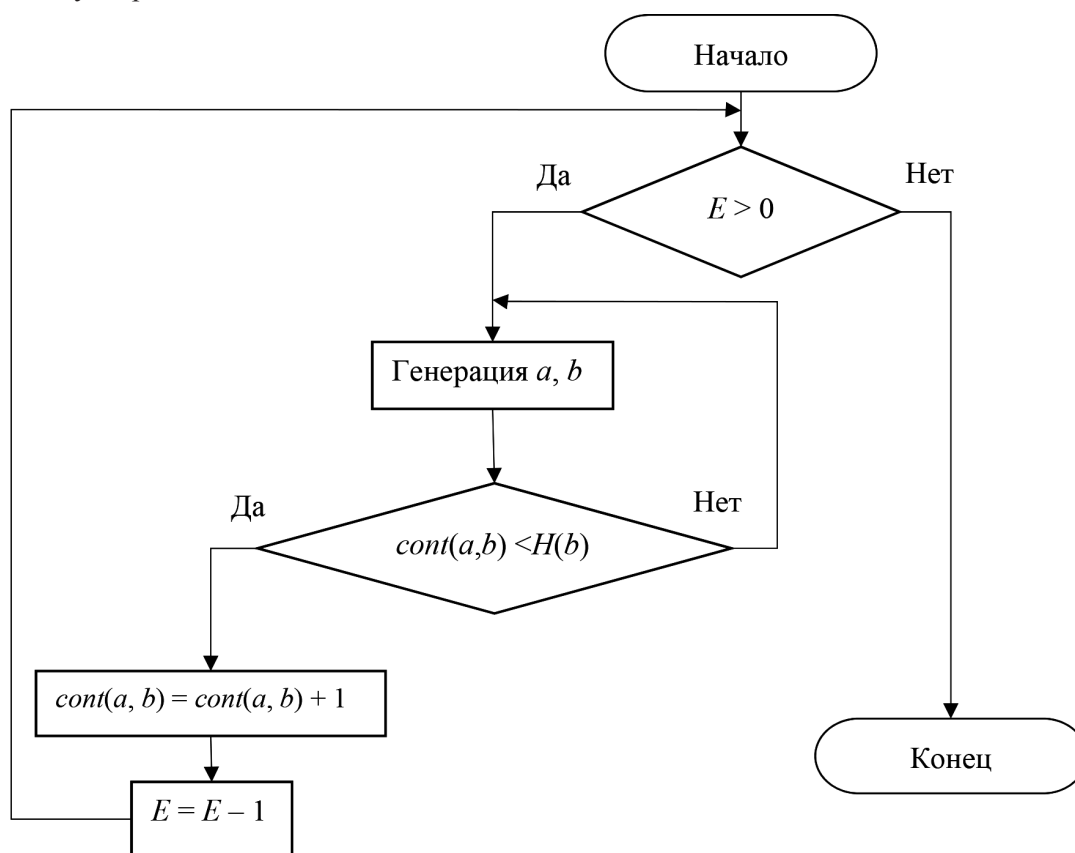


Рис. 5. Алгоритм формирования штабеля случайным образом

Результатом работы алгоритма является схема распределения локальной высоты штабеля контейнеров по наземным слотам (рис. 6). В каждой ячейке таблицы представлено количество контейнеров, стоящих в данном наземном слоте.

№ секции	Модель штабеля					
	1	2	3	4	5	6
1	4	4	4	5	4	4
2	4	4	4	5	4	4
3	1	5	4	5	4	4
4	4	5	4	5	4	4
5	4	5	4	5	4	4
6	4	5	4	5	4	4
7	2	5	4	5	4	4
8	4	4	4	5	4	4
9	4	5	3	5	4	4
10	4	5	3	5	4	4
11	4	5	4	5	3	4
12	4	5	4	5	4	4
13	4	3	4	5	4	4
14	1	5	4	5	4	4
15	4	4	4	5	4	4

Рис. 6. Результат генерации

Для определения трудоемкости выборки используется имитационное моделирование. В модели задается количество контейнеров N_{cont} , которое должно быть выбрано из штабеля. Предполагается так же, что все контейнеры обезличены, т. е. необходимо выбрать случайные N_{cont} . В связи с этим адрес контейнера (a, b, c), где a — номер секции, b — номер ряда, c — ярус контейнера, генерируется случайным образом.

Для того, чтобы определить необходимое количество контейнеров для выборки, модель проверяет, есть ли в секции, где стоит контейнер, ряд, в котором можно сделать перестановку. Если такого ряда нет, то RTG будет вынужден поставить «мешающие» контейнеры в верхний ярус, а потом вернуть их на место, т. е. количество непроизводительных движений увеличивается в два раза (рис. 7).

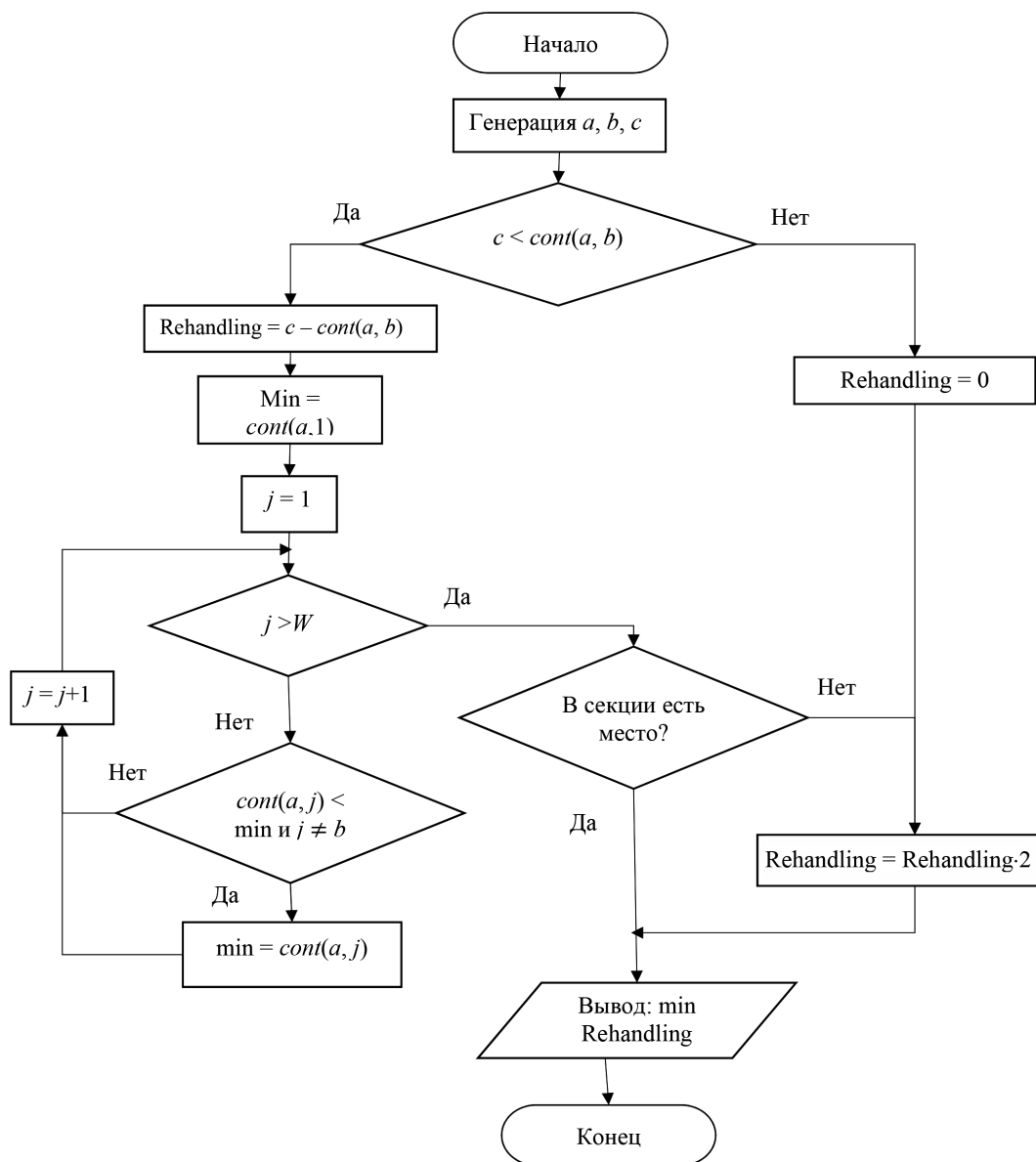


Рис. 7. Алгоритм определения параметров перестановки

Далее все контейнеры, которые мешают выборке целевого, переставляются в ряд с наименьшим числом контейнеров. В модели это отражается следующим образом:

$$\text{cont}(a, b) = \text{cont}(a, b) - 1; \quad (8)$$

$$\text{min} = \text{min} + 1. \quad (9)$$

Результаты любого исследования методами имитационного моделирования не могут быть использованы без доказательства адекватности модели. В данном случае доказательство осуществляется путем проверки логики работы модели. Для этого предусмотрена «история» штабеля: программа отображает фотографии штабеля после выборки одного целевого контейнера (рис. 8).

[illegible]

Рис. 8. «История» изменения штабеля

Данная информация сравнивается с выходными данными модели, т. е. с адресом контейнера и рассчитанным числом перестановок (табл. 3).

Таблица 3

Выходные данные модели

Контейнеры на погрузку поезда				Количество движений
Порядковый номер	Секция	Ряд	Ярус	
3	6	2	4	3
4	18	2	4	3

Результаты (Results)

Описанная в данной работе модель позволяет выявить зависимость между числом движений крана RTG при выборке контейнеров из штабеля и занятостью склада. Для этого задается массив изменения количества контейнеров в штабеле и количество экспериментов, проводимых при данной занятости. В результате такого моделирования получается зависимость, представленная на рис. 9.

Для сравнения результаты модели сопоставляются с теоретическим значением $\frac{h+1}{2}$ (рис. 10). Как видно из этого рисунка, данные практически совпадают с теоретической зависимостью за исключением крайних точек.



Рис. 9. Изменение количества движений в зависимости от занятости штабеля

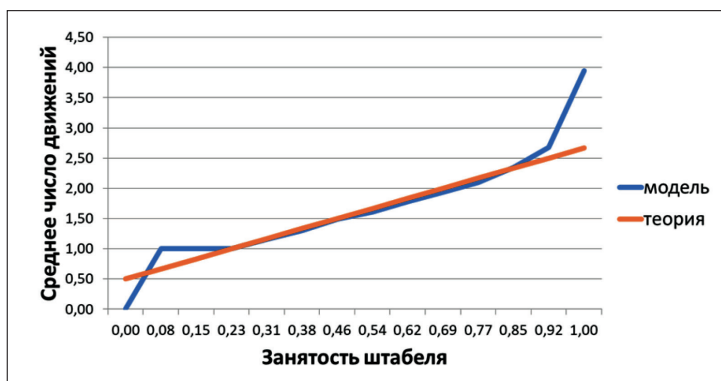


Рис. 10. Сравнение результатов модели с теоретической формулой

Обсуждение (Discussion)

Полученные данные позволяют определить производительность крана RTG, скорректированную с учетом описанных ранее технических ограничений. Как видно из рис. 10, производительность перегружателя будет снижаться при достижении 90 % заполнения штабеля (рис. 11). Такое снижение должно учитываться при проектировании контейнерных терминалов, в частности при расчете вместимости контейнерного склада и количества перегрузочного оборудования.

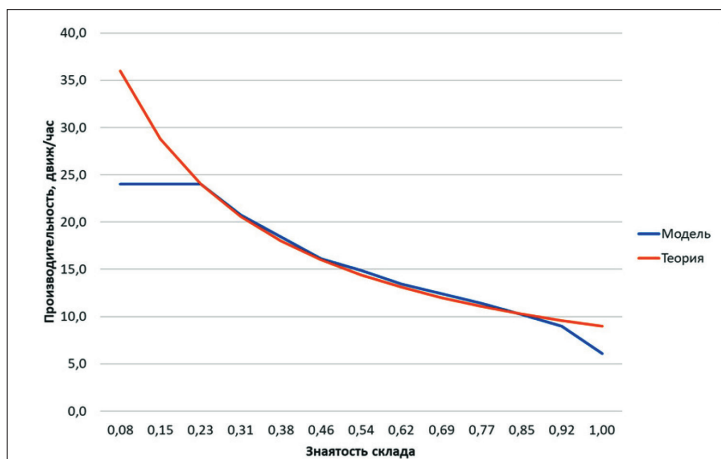


Рис. 11. Изменение производительности крана RTG

Кроме того, предложенный метод моделирования работы контейнерного перегружателя позволяет получить распределение вероятностей продолжительности одной выборки контейнера из штабеля с учетом перестановок (рис. 12.)



Рис. 12. Гистограмма распределения продолжительности выборки с перестановками

Кроме того, транспортно-технологическая схема с RTG предполагает еще одно важное техническое ограничение. При организации штабеля особое внимание уделяется положениям контейнеров, при которых возможно их опрокидывание или соскальзывание под воздействием ветра¹. В обиходе такие положения называются «свечками» и «колодцами» (рис. 13).

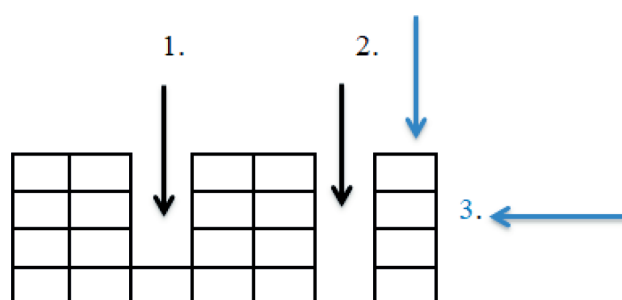


Рис. 13. Схема секции с нарушением техники безопасности:
1, 2 — «колодцы»; 3 — «свечка»

Появление «свечек» или «колодцев» требует выполнения дополнительных движений, направленных на формирование секции, что также снижает производительность операций. Дальнейшее исследование представленной в статье проблемы предполагает моделирование работы крана RTG при выборке контейнеров с учетом устранения возникающих описанных ранее опасных положений контейнеров в штабеле.

Выводы (Summary)

На основе проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. В статье доказано, что фактическая зависимость количества движений на один контейнер от занятости склада в козловой транспортно-технологической схеме отличается от теоретической формулы.
2. С помощью специальной имитационной модели выявлено, что производительность контейнерного перегружателя начинает снижаться при достижении 90 % занятости склада за счет влияния технических особенностей этого оборудования.

¹ ГОСТ Р ИСО 3874–2008. Контейнеры грузовые серии 1. Перегрузка и крепление. М.: Стандартинформ, 2008. 62 с.

3. Полученные зависимости производительности от занятости штабеля могут использоваться при расчете необходимого количества перегрузочного оборудования, а также вместимости контейнерного склада.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецов А. Л. Теоретико-множественная модель для расчета операционных ресурсов контейнерного терминала / А. Л. Кузнецов, А. Д. Семенов, В. Н. Щербакова-Слюсаренко // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2018. — Т. 10. — № 5. — С. 1094–1103. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-5-1094-1103.
2. Кузнецов А. Л. Методы мягких вычислений для генерации неоднородных потоков событий в моделировании транспортных систем / А. Л. Кузнецов [и др.] // Морские интеллектуальные технологии. — 2018. — № 4-4 (42). — С. 186–190.
3. Gosasang V. A comparison of traditional and neural networks forecasting techniques for container throughput at Bangkok port / V. Gosasang, W. Chandraprakaikul, S. Kiattisin // The Asian Journal of Shipping and Logistics. — 2011. — Vol. 27. — Is. 3. — Pp. 463–482. DOI: 10.1016/S2092-5212(11)80022-2.
4. Handbook of terminal planning / edited by J. W. Böse. — Springer Science & Business Media, 2011. — Vol. 49. — 433 p.
5. Murty K. G. A decision support system for operations in a container terminal / K. G. Murty et al // Decision Support Systems. — 2005. — Vol. 39. — Is. 3. — Pp. 309–332. DOI: 10.1016/j.dss.2003.11.002.
6. Vis I. F. A. A comparative analysis of storage and retrieval equipment at a container terminal / I. F. A. Vis // International Journal of Production Economics. — 2006. — Vol. 103. — Is. 2. — Pp. 680–693. DOI: 10.1016/j.ijpe.2006.01.002.
7. Изотов О. А. Оценка требуемых технологических ресурсов путем статистического моделирования / О. А. Изотов, А. В. Гуляев // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2018. — Т. 10. — № 3. — С. 497–506. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-3-497-50.
8. Иванова В. И. Оптимизированный расчет производительности перегрузочной машины при обработке контейнеров на терминале / В. И. Иванова, О. А. Маликов // Известия Петербургского университета путей сообщения. — 2008. — № 2 (15). — С. 45–49.
9. Гомбосэд С. Технической оснащения контейнерных площадок / С. Гомбосэд, О. Б. Маликов // Современные проблемы транспортного комплекса России. — 2013. — Т. 3. — № 1. — С. 7–16.
10. Kuznetsov A. Do boxes really have a “digging” effect? / A. Kuznetsov // Cargo systems. — 2008. — Pp. 42–43.
11. Кириченко А. В. Морская контейнерная транспортно-технологическая система: монография / А. В. Кириченко [и др.]; под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. А. В. Кириченко. — СПб.: Изд-во МАНЭБ, 2017. — С. 158–173.
12. Dragović B. Simulation modelling in ports and container terminals: literature overview and analysis by research field, application area and tool / B. Dragović, E. Tzannatos, N. K. Park // Flexible Services and Manufacturing Journal. — 2017. — Vol. 29. — Is. 1. — Pp. 4–34. DOI: 10.1007/s10696-016-9239-5.

REFERENCES

1. Kuznetsov, Aleksandr L., Anton D. Semenov, and Victoria N. Shcherbakova-Slyusarenko. “Set theory model for the assessment of the container terminal’s operational resources.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova* 10.5 (2018): 1094–1103. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-5-1094-1103.
2. Kuznetsov, Alexander L., Oleg A. Isotov, Anton D. Semenov, and Sergey V. Smolencev. “Application of soft computing for generation of heterogeneous events flow in transport system modeling.” *Marine Intelligent Technologies* 4- 4(42) (2018): 186–190.
3. Gosasang, Veerachai, Watcharavee Chandraprakaikul, and Supaporn Kiattisin. “A comparison of traditional and neural networks forecasting techniques for container throughput at Bangkok port.” *The Asian Journal of Shipping and Logistics* 27.3 (2011): 463–482. DOI: 10.1016/S2092-5212(11)80022-2.

4. Böse, Jürgen W., ed. *Handbook of terminal planning*. Vol. 49. Springer Science & Business Media, 2011.
5. Murty, Katta G., Jiyin Liu, Yat-wah Wan, and Richard Linn. "A decision support system for operations in a container terminal." *Decision Support Systems* 39.3 (2005): 309–332. DOI: 10.1016/j.dss.2003.11.002.
6. Vis, I. F. A. "A comparative analysis of storage and retrieval equipment at a container terminal." *International Journal of Production Economics* 103.2 (2006): 680–693. DOI: 10.1016/j.ijpe.2006.01.002.
7. Izotov, Oleg A., and Alexander V. Gulyaev. "Assessment of required technological resources by statistical simulation." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 10.3 (2018): 497–506. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-3-497-50.
8. Ivanova, V.I., and O.A. Malikov. "Optimized Calculation of the Overloading Machine Efficiency when Handling Containers at the Terminal Station." *Proceedings of Petersburg Transport University* 2(15) (2008): 45–49.
9. Gombose, S., and O. B. Malikov. "Technical equipment of container yards." *Modern Problems of Russian Transport Complex* 3.1 (2013): 7–16.
10. Kuznetsov, A. "Do boxes really have a —digging effect?." *Cargo systems* (2008): 42–43.
11. Kirichenko, A. V., A. L. Kuznetsov, A. A. Davydenko, S. V. Latukhov, and V. A. Nikitin. *Morskaya konteynernaya transportno-tekhnologicheskaya sistema: monografiya*. Edited by A.V. Kirichenko. SPb.: Izd-vo MANEB, 2017. 158–173.
12. Dragović, Branislav, Ernestos Tzannatos, and Nam Kuy Park. "Simulation modelling in ports and container terminals: literature overview and analysis by research field, application area and tool." *Flexible Services and Manufacturing Journal* 29.1 (2017): 4–34. DOI: 10.1007/s10696-016-9239-5.

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, kaf_pgt@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
Левченко Вероника Павловна — инженер
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала
С. О. Макарова»
198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург,
ул. Двинская, 5/7
e-mail: levchenko.veronika@list.ru,
kaf_pgt@gumrf.ru

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, kaf_pgt@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
Levchenko, Veronika P. — Engineer
Admiral Makarov State University of Maritime
and Inland Shipping
5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035,
Russian Federation
e-mail: levchenko.veronika@list.ru,
kaf_pgt@gumrf.ru

Статья поступила в редакцию 13 мая 2019 г.
Received: May 13, 2019.