

THE ASSESSMENT OF THE OPERATIONAL RESOURCES NEEDED FOR WAREHOUSE OPERATIONS

A. L. Kuznetsov, V. N. Shcherbakova-Slyusarenko, Ya. Ya. Eglit

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

The paper deals with the most important issue of the development and planning procedures of many different objects of the transportation infrastructure, which has a warehouse as an element. This issues the assessment of the resource consumption of any arbitrary stacking equipment, used in stacking operations. General reasoning in the beginning of the paper enables to put forward an assumption that this consumption depends on the volume of the cargo throughput in non-linear way. This causes some doubts on the methodological accuracy of the recommended calculation patterns for the equipment and labor inputs involved in the warehouse activities. These components are among the most considerable expenses connected to the resources supporting the operation of ports, terminals, logistic centers, warehouses etc. This residual seems to grow with the scale of the infrastructural objects, which causes significant economic risks. The authors offer a new methodic for calculation of the resources needed for warehousing operations, based on the advanced technique of the productivity rate assessment of arbitrary stacking machines. The technique assumes the decomposition and detailed analyses of the unit technological cycle of machine, revealing its dependency on the physical parameters of the stack, which are in their turns depend on the cargo through put. The formula dependencies derived in the paper and analytical models built on their basis combined in toasting recalculation method. The results of the calculations by this method have proved the soundness of the assumed hypotheses and fully complied with the practical measurements performed on the container yards of container ports and terminals. The methodology described in the paper can be recommended for the practice of the design and planning of different transport infrastructural objects having the warehouse in their structure.

Keywords: technological design, resource calculation, warehousing, operational analyses, simulation.

For citation:

Kuznetsov, Aleksandr L., Victoria N. Shcherbakova-Slyusarenko, and Yan Ya. Eglit. "The assessment of the operational resources needed for warehouse operations." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admiral S.O. Makarova* 9.4 (2017): 724–734. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-4-724-734.

УДК 656.615

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ПОТРЕБНОСТИ В РЕСУРСАХ, НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ СКЛАДСКИХ ОПЕРАЦИЙ

А. Л. Кузнецов, В. Н. Щербакова-Слюсаренко, Я. Я. Эглит

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

Рассматривается проблема проектирования и планирования работы объектов транспортной инфраструктуры, имеющих в своем составе склад произвольного назначения, — оценка трудоемкости складских операций, выполняемых той или иной складировочной машиной. На основании приведенных в постановке задачи общих рассуждений выдвигается предположение о том, что эта трудоемкость зависит от объема проходящего через склад грузопотока нелинейным образом. Это выявляет методическую неточность традиционных нормативных рекомендаций по расчету численности парка технологического оборудования и персонала, вовлеченного в складские операции. Данные компоненты являются одними из самых затратных ресурсов, используемых для осуществления технологической деятельности, поддерживающей эксплуатацию портов, терминалов, логистических центров, складов. Показано, что эта неточность будет иметь тенденцию к росту для все более масштабных объектов транспортной инфраструктуры, что может быть связано с высокими экономическими рисками. Авторы предлагают новую методику расчета потребности в ресурсах для складских операций, в основе которых лежит уточненный метод оценки производительности складировочного оборудования. Указанный метод предполагает детальный анализ

единичного технологического цикла абстрактной складывающей машины и его зависимость от физических параметров склада, изменение которых зависит от объема проходящего через него грузопотока.

Полученные формульные зависимости и сформированные на их основе расчетно-аналитические модели сведены в единый метод, расчеты по которому полностью подтвердили справедливость выдвинутой гипотезы и совпали с данными практических замеров, проведенных на складах контейнерных портов и терминалов. Предложена новая методика, которая может быть рекомендована к использованию в практике проектирования и планирования работы различных объектов транспортной инфраструктуры, имеющих в своем составе склады произвольной природы.

Ключевые слова: технологическое проектирование, расчет ресурсов, складские операции, анализ операций, моделирование

Для цитирования:

Кузнецов А. Л. Разработка методики расчета потребности в ресурсах, необходимых для выполнения складских операций / А. Л. Кузнецов, В. Н. Щербакова-Слюсаренко, Я. Я. Эглит // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2017. — Т. 9. — № 4. — С. 724–734. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-4-724-734.

Введение

Предположим, что нам известен грузопоток Q , проходящий через некоторый грузовой терминал в течение выбранного интервала времени T (год, месяц, неделя, сутки, смена, час). Как правило, операционная модель терминала позволяет оценить число операций, связанных с прохождением этого грузопотока через склад, или $N_{op} = N_{op}(Q)$ [1] – [3]. Этот параметр либо просто пропорционален грузопотоку, либо, по крайней мере, является величиной одного порядка с ним, т. е. $N_{op} = O[Q]$.

Заданный грузопоток Q , при известном среднем сроке хранения груза на терминале T_{xp} , позволяет оценить требуемый объем единовременного хранения на складе с использованием формулы Вильсона или ее модификаций, например, $E = \frac{QT_{xp}}{365}$ [4] – [8]. Время выполнения единичной складской операции зависит от объема склада, поскольку с ростом геометрических размеров увеличиваются транспортные расстояния в циклах рабочих органов и пробеги установочных движений при переходе между местами выполнения операций. Кроме того, с ростом высоты (ярусности) складирования растет число непроизводительных перемещений для обеспечения доступа к требуемому грузоместу в штабеле [9] – [11]. Исходя из этого в первом приближении можно принять, что длительность операции t_{op} также есть величина одного порядка с объемом грузопотока, т. е. $t_{op} = O[Q]$.

Выполнение необходимого объема операций для обработки заданного грузопотока через склад за выбранный интервал времени требует общего бюджета рабочего времени, определяемого выражением $T_{op} = N_{op} t_{op}$. Отсюда следует, что указанный бюджет времени является величиной, сравнимой с квадратом объема обрабатываемого через терминал грузопотока, или $T_{op} = Q[Q^2]$ — рис. 1.

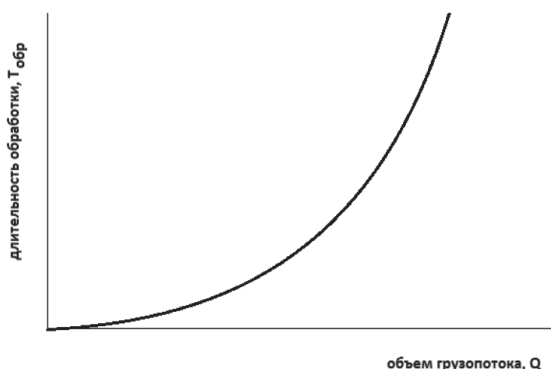


Рис. 1. Объем времениобработки в зависимости от грузопотока

Иными словами, для обработки растущего грузопотока требуется все больше операций, а производительность каждой единичной операции $E = \frac{QT_{xp}}{365}$ снижается с ростом объема складирования.

Даже в отсутствие внешних ограничений на объем склада он может быть ограничен предельным временем выполнения операции, чаще всего — выборки из штабеля. Точнее, это ограничение касается не всего объема склада, а объема штабеля, который относится к единице оборудования, выполняющего эту операцию. В то же время на практике склад организовывается в виде отдельных штабелей, длина, ширина и высота которых ограничивается технологическими возможностями оборудования, формой отведенной под склад территории, маршрутами технологического транспорта, противопожарными и экологическими требованиями.

Сформированный этими факторами объем штабеля может быть больше объема, установленного предельным значением выполнения операции одной складской машиной. В таком случае возникает задача распределения оптимального количества складских машин, работающих на штабель. С другой стороны, производительность одной машины может превышать значение, требуемое для обслуживания штабеля определенного размера. В данном случае появляется желание использовать одну машину для работы на несколько штабелей. При этом следует иметь в виду, что переход складских машин от одного штабеля к другому возможен, но представляет собой трудоемкую по времени непроизводительную операцию, если даже это допускает мобильность используемого оборудования.

В нормативных документах количество складских машин рекомендуется определять исходя из фиксированного уровня их производительности, по значениям расчетного грузопотока и с поправкой на возможную его неравномерность [10], [11]. Приведенные рассуждения показывают, что этот подход имеет методологические недостатки. Причиной этого служит то, что большинство технологических параметров и характеристик грузопотока связаны между собой не прямыми функциональными зависимостями, а обобщенными. В ряде случаев эти связи выражаются даже более широкими, чем функциональные, отношениями. Напомним, что *функциональной зависимостью* называют однозначное соответствие значения из области допустимых значений функции аргументу из области его допустимых значений: $a = F(b, c, \dots, y, z)$. Обобщенной записью функции является выражение $\varphi(a, b, c, \dots, y, z) = 0$, откуда можно (а иногда нельзя) получить отдельные зависимости вида $a = F(b, c, \dots, y, z)$, $b = F(a, c, \dots, y, z)$, $z = F(a, b, c, \dots, y)$. Так, формула $c^2 = a^2 + b^2$, эквивалентная формулам $a^2 = c^2 - b^2$ и $b^2 = c^2 - a^2$, в общем виде запишется как $c^2 - a^2 - b^2 = 0$. В зависимости от того, какие аргументы соотношения известны, а какие следует определить, формулы приобретают тот или иной удобный для расчетов вид.

Формулы, указанные в нормах технологического проектирования, выстроены в определенную логическую последовательность, которая жестко определяет порядок получения входящих в них данных и направление процедуры их преобразования. В то же время, уже отмечалось и будет показано далее, расчетная процедура является немонотонной, итерационной и вариативной, что в значительной мере служит аргументацией для пересмотра общего подхода к расчетным методикам и последовательности их использования.

Исходя ранее изложенного, обобщенная процедура определения полного числа складских машин представляется следующей.

1. Определяется необходимый объем единовременного складирования $E = \frac{QT_{xp}}{365b}$.
2. Полученный объем складирования, с учетом внешних факторов, разбивается на определенное количество штабелей $E = \sum_{k=1}^K E_k$.
3. Оценивается производительность складской операции одной машины $p_{op} = \frac{T}{t_{op}}$ при работе на конкретный штабель.

4. Рассчитывается требуемое количество машин, обеспечивающих обработку грузопотока $Q_T = \frac{Q}{T}$ за выбранный расчетный период T , как $n_k = \frac{Q}{P_{op}}$ при работе на один штабель.

5. Определяется общее число складских машин $n = \sum_{k=1}^K n_k$.

Реализация указанной процедуры в первую очередь требует разработки метода оценки производительности складской операции, что и является целью данной работы.

Расчет производительности складских операций

Предположим, что некоторая складская машина обслуживает штабель шириной w , длиной L и высотой h ед. (в частности, контейнеров). Ширина грузовой единицы в метрах составляет Δw , длина — ΔL , высота — Δh . Пусть скорость вертикального перемещения грузозахватного органа составляет Θ_h , скорость поперечного перемещения Θ_w , скорость перемещения вдоль штабеля Θ_L . Для усредненного перемещения грузозахватного органа (определенного как перемещение от зоны передачи груза в середину штабеля) требуется преодолеть расстояние по горизонтали $\frac{w \cdot \Delta w}{2}$ и по вертикали $1,5h\Delta h$, что потребует времени $\frac{w \cdot \Delta w}{2\Theta_w} + \frac{1,5h\Delta h}{\Theta_h}$ (рис. 2).

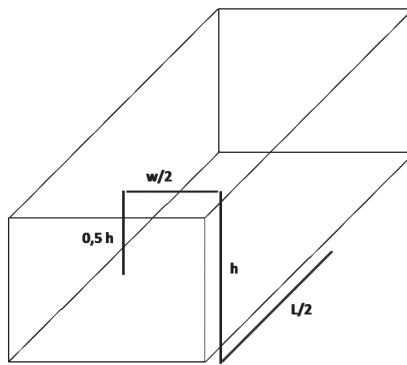


Рис. 2. Траектория среднего цикла перемещения

В случае экспортных операций помещение в штабель требует одного такого движения. В случае импортных операций выборка из контейнерного штабеля потребует в среднем $\frac{h+2}{2}$ подобных движений [12] – [17].

В предположении соотношения операций постановки в штабель и выборки из него 50:50, среднее время движения составит $\left(\frac{w \cdot \Delta w}{2\Theta_w} + \frac{1,5h \cdot \Delta h}{\Theta_h} \right) \cdot \left(\frac{h}{4} + 1 \right)$. Кроме того, для завершения цикла после перемещения складской машины в новое положение потребуется поместить грузозахватное приспособление вновь в условную позицию в середине штабеля, что потребует еще одного движения. Полученное значение отражает технологическую составляющую складской операции. Кроме этого, после завершения этого движения складская машина должна переместиться в новое положение (выполнить установочное движение). В первом приближении длительность этого перемещения может быть оценена величиной $\frac{L \cdot \Delta L}{2\Theta_L}$.

Полное время выполнения операции t_{op} оценивается следующим образом:

$$t_{op} = t_{op}(w, h, L) = \left(\frac{w \cdot \Delta w}{2\Theta_w} + \frac{1,5h \cdot \Delta h}{\Theta_h} \right) \cdot \left(\frac{h}{4} + 2 \right) + \frac{L \cdot \Delta L}{2\Theta_L}.$$

Рассмотрим теперь штабель некоторого определенного размера $E_{\max} = w_{\max} L_{\max} h_{\max}$. Если в нем находится объем груза E , то использование объема хранения составляет $k_E = \frac{E}{E_{\max}}$. При этом, поскольку площадь одного слоя в штабеле составляет величину $s = w_{\max} L_{\max}$, количество полностью заполненных слоев $h_0 = \left\lfloor \frac{E}{s} \right\rfloor = \left\lfloor \frac{E}{w_{\max} L_{\max}} \right\rfloor$, где [...] — есть функция антье, или выделения целой части числа.

В верхнем незаполненном ярусе будет размещаться $E_s = E - h_0 s = E - \left\lfloor \frac{E}{w_{\max} L_{\max}} \right\rfloor w_{\max} L_{\max} =$ единиц. В этом незаполненном ярусе количество полностью заполненных рядов будет составлять $L_0 = \left\lfloor \frac{E_s}{w_{\max}} \right\rfloor$, а в последнем незаполненном ряду будет находиться $E_w = E_s - L_0 w_{\max}$ ед. Иными словами, заполненный штабель будет ограничиваться следующими размерами: его высота, включая верхний неполный слой, будет $h = h_0 + 1$. Полностью заполненных слоев в штабеле будет h_0 , в верхнем неполном слое будет полностью заполнено L_0 поперечных рядов, а в последнем (неполном) ряду будет находиться $w_0 = E_w$ ед. (рис. 3).

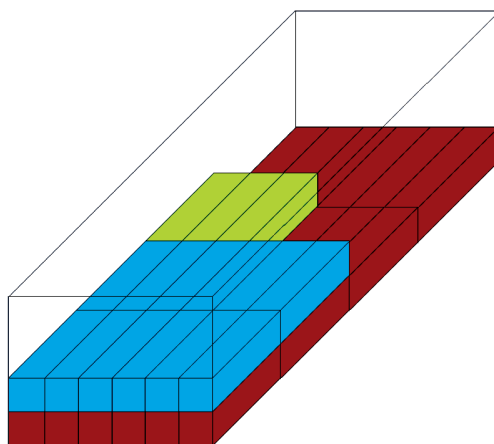


Рис. 3. Заполнение объема штабеля

Точные средние размеры в отношении длины и ширины верхнего, неполного яруса могут быть определены и включены в расчеты, однако с приемлемой для расчетов точностью можно заменить реальный штабель минимальным по объему вмещающим его параллелепипедом с размерами $w_{\max} L_{\max} h$. Возьмем в качестве независимой входной переменной грузопоток Q , проходящий через терминал. При среднем сроке хранения груза на терминале $T_{\text{хр}}$ требуемый объем единовременного хранения на складе составит $E = \frac{QT_{\text{хр}}}{365} = q_{\text{сут}} T_{\text{хр}}$. Требуемое для обработки этого грузопотока в сутки число операций составляет $N_{\text{оп}} = N_{\text{оп}}(Q) = q_{\text{сут}} = \frac{Q}{365}$, а каждая из этих операций, в свою очередь, требует для своего выполнения времени $t_{\text{оп}}$. Отсюда полный бюджет времени, необходимый для выполнения суточного объема операций,

$$T_Q = q_{\text{сут}} t_{\text{оп}} = \frac{Q}{365} \cdot t_{\text{оп}}(Q, T_{\text{хр}}, w_{\max}, L_{\max}).$$

Если увеличивать значение переменной Q , то, как было показано, пропорционально будет расти как требуемое суточное значение количества операций, так и среднее время выполнения каждой из них.

Для доказательства валидности модели предположим, что ширина и длина штабеля ограничены, а высота складирования не ограничена и определяется требуемым размером склада

(т. е. единственный штабель склада неограниченно растет вверх). Параметры расчетного примера сведены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры расчетного примера

Наименование	Обозначение	Значение	Единицы измерения
Ширина штабеля	$w_{\max}$	6	шт.
Длина штабеля	$L_{\max}$	40	шт.
Высота штабеля	$h_{\max}$	4	шт.
Максимальный объем штабеля	$E_{\max}$	960	шт.
Ширина контейнера	d_w	2,5	м
Длина контейнера	d_L	12	м
Высота контейнера	d_h	3	м
Время нацеливания	t_{pos}	15	с
Скорость вертикального перемещения	v_h	25	м/мин
Скорость поперечного перемещения	v_w	30	м/мин
Скорость продольного перемещения	v_L	200	м/мин
Средний срок хранения	T_{xp}	7	сут

На рис. 4 – 7 показаны изменения длительности выполнения складской операции, производительность складской операции, бюджета времени обработки суточного объема и требуемое количество складских машин как функций от грузопотока, проходящего через склад для штабеля, характеристики которого приведены в табл. 1.



Рис. 4. Изменение длительности складской операции при росте грузопотока через склад

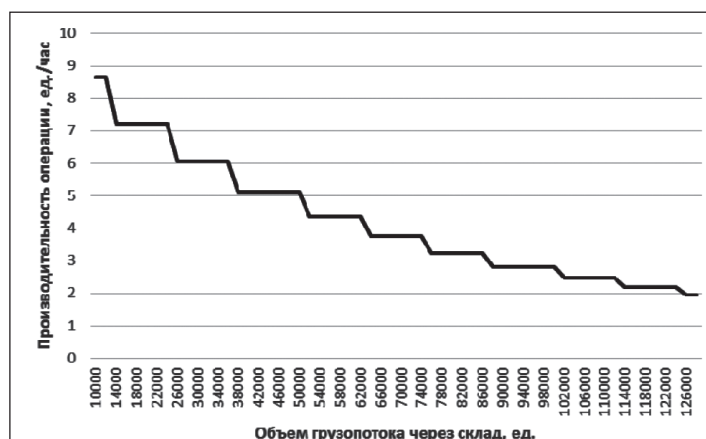


Рис. 5. Изменение производительности складской операции при росте грузопотока через склад

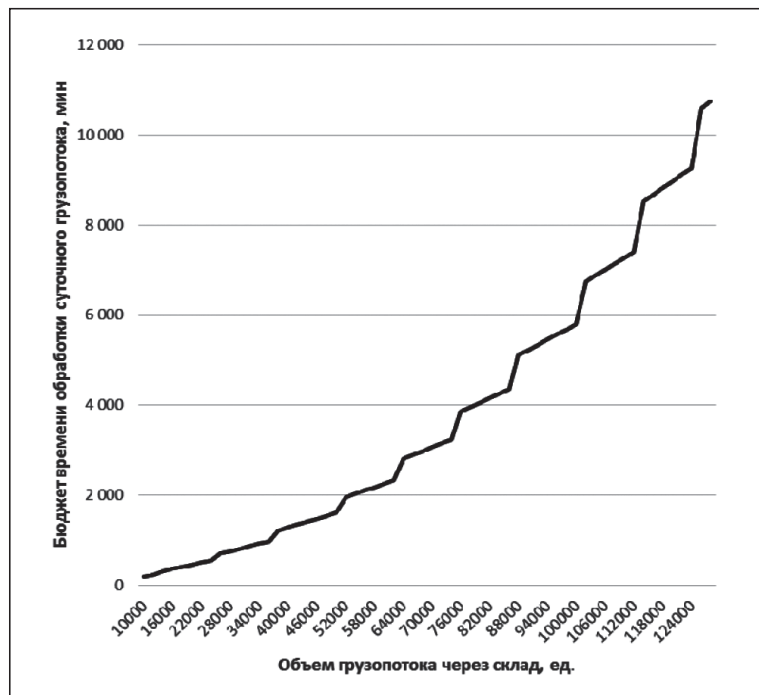


Рис. 6. Бюджет времени на обработку суточного грузопотока через склад

Если складская машина работает в течение $N_{\text{см}}$, каждая по $n_{\text{см}}$ часов, то ее суточный бюджет составит $T_m = N_{\text{см}} n_{\text{см}}$. Если взять значения, приведенные в табл. 2, то рост требуемого числа складских машин в зависимости от грузопотока для расчетного примера будет таким, как показано на рис. 7.

Таблица 2

Параметры времени работы машины

Наименование	Значение
Число смен в сутках	3
Число часов в смене	7
Число часов в сутках	24
Бюджет времени машины, ч	1260



Рис. 7. Требуемое число складских машин как функция грузопотока

Анализ результатов (см. рис. 4 – 7) позволяет сделать вывод о валидности предложенной расчетной модели: с ростом объема грузопотока через склад бюджет времени, требуемый для выполнения складской операции, растет квадратично, производительность операции, выполняемой одной машиной, падает, требуемое число машин растет нелинейно. В то же время в указанной аналитической модели не учитывается ограничение высоты складирования, устанавливаемое конкретными складскими машинами и заставляющее переходить от одного штабеля к нескольким.

Случай склада из нескольких штабелей

Если на один штабель для работы поставлены две и более складировующих машины, то операционный объем обслуживания каждой можно условно считать равным пропорциональной части полного объема. В этом случае время выполнения складской операции на штабеле будет соответственно сокращаться по сравнению с использованием одной машины.

Если расчетный объем складирования превышает допустимый объем штабеля, формируемый техническими ограничениями принятой складской машины (w и h) и размерами территории (L), то на складе должно быть сформировано несколько отдельных штабелей. Пусть, например, требуемый объем складирования составляет величину E , а максимальный объем штабеля есть E_0 . В таком случае, склад должен быть организован в виде отдельных операционных штабелей, число которых определяется соотношением $K \geq \left(\frac{E}{E_0}\right) + 1$. При этом средняя загрузка

каждого штабеля составит величину $E_k = \frac{E}{K}$, $k = \overline{1, K}$. Все результаты, полученные ранее, могут быть полностью перенесены на этот случай. При этом следует подчеркнуть, что нелинейный (квадратичный) рост бюджета времени операций и снижение производительности складской машины имеет место лишь в пределах одного штабеля. Исходя из этого производится оценка числа машин, требуемых для работы над одним штабелем. Рост общего грузопотока через склад приводит к линейному росту числа штабелей и, как следствие, числа распределенных для работы на них складских машин.

С другой стороны, объем или загрузка каждого из этих операционных штабелей может оказаться слишком малыми, чтобы закреплять за каждым из них складировующую машину. В таком случае, кроме принятых во внимание в проведенных расчетах технологической и установочной компонент рабочего цикла операции, появляется еще одна составляющая: время перемещения от штабеля к штабелю. В случае операции помещения в штабель этого перемещения можно избежать, в случае выборки из штабеля чисто вероятностные механизмы позволяют оценить адресацию к тому или иному штабелю как $\frac{1}{M}$, где M — количество обслуживаемых одной машиной

штабелей. Таким образом, вероятность остаться в том же штабеле составляет $0,5 \left(1 + \frac{1}{M}\right) = \frac{M+1}{2M}$.

Отсюда вероятность перемещения в другой штабель составит $1 - \frac{M+1}{2M} = \frac{2M - M - 1}{2M} = \frac{M-1}{2M}$.

На практике рациональное планирование операций может минимизировать эти перемещения, что можно учесть введением коэффициента управления $k_{\text{упр}} < 1$. В таком случае доля операций, требующих перемещения от штабеля к штабелю, составит $k_{\text{упр}} \frac{M-1}{2M}$.

Если среднее время перемещения между штабелями склада составляет $t_{\text{пр}}$, то к бюджету времени для выполнения операций добавится компонента, связанная с выполнением этой операции, т. е. $k_{\text{упр}} \frac{M-1}{2M} q_{\text{сут}} t_{\text{пр}}$. С учетом этого полный бюджет времени, необходимый для выполнения суточного

объема операций с переходами между штабелями, составит $T_Q = q_{\text{сут}} \left(t_{op} + k_{\text{упр}} \frac{M-1}{2M} t_{tr} \right)$. Отсюда требуемое для выполнения суточного объема операций число машин определяется как $m = \left(\frac{T_Q}{N_{\text{CM}} n_{\text{CM}}} \right) + 1$.

При этом коэффициент использования этих машин составит $k_m = \frac{T_Q}{N_{\text{CM}} n_{\text{CM}} m}$.

При этом следует подчеркнуть, что нелинейный (квадратичный) рост бюджета времени операций и снижение производительности складской машины имеет место лишь в пределах одного штабеля. Исходя из этого производится оценка числа машин, требуемых для работы над одним штабелем. Рост общего грузопотока через склад приводит к линейному росту числа штабелей и, как следствие, числа распределенных для работы на них складских машин.

Выводы

1. Авторами было сделано предположение о нелинейном (квадратичном) росте трудоемкости складских операций от грузопотока через него.
2. С учетом этого было указано на методологическую неточность общепринятой нормативной методики определения численного состава технологического оборудования и сформулирована уточненная методика без этих недостатков.
3. Основу методики составляет более точный расчет единичного технологического цикла произвольной складировочной машины, для чего в статье описывается соответствующий метод.
4. Практические расчеты по предложенному методу показывают полное совпадение с выдвинутой гипотезой о характере роста трудоемкости складских операций, что является достаточным основанием для подтверждения ее справедливости.
5. Предложенная новая методика может служить полезным инструментом в практике проектирования и планирования работы различных объектов транспортной инфраструктуры, имеющих в своем составе склады произвольной природы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецов А. Л. Базовая модель логистических потоков через контейнерный терминал / А. Л. Кузнецов, Е. Ю. Козлова // Эксплуатация морского транспорта. — 2008. — № 2. — С. 18–20.
2. 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.
3. Кузнецов А. Л. Расчет вместимости портового склада с учетом неравномерности работы смежного транспорта / А. Л. Кузнецов, В. А. Погодин, Я. Б. Спасский // Эксплуатация морского транспорта. — 2010. — № 4. — С. 3–19.
4. Port development. A handbook for planners in developing countries. — Second edition. — New York: UNCTAD, 1985. — 228 p.
5. Басов Е. А. Сравнительная характеристика доходности по операциям перевалки и хранения контейнеров на терминале / Е. А. Басов // Транспортное дело России. — 2013. — № 6. — С. 197–198.
6. Уотерс Д. Логистика. Управление цепью поставок: пер. с англ. / Д. Уотерс. — М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. — 503 с.
7. Parola F. The Impact of Multiple-site Acquisitions on Corporate Growth Patterns of International Terminal Operators / F. Parola, T. Nottenboom, G. Satta, J. P. Rodrigue // International Journal of Shipping and Transport logistics. — Vol. 7. — Is. 5. — Pp. 621–648. DOI: 10.1504/IJSTL.2015.072018.
8. Guerrero D. The waves of containerization: shifts in global maritime transportation / D. Guerrero, J. P. Rodrigue // Journal of Transport Geography. — 2014. — Vol. 34. — Pp. 151–164. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2013.12.003.

9. Кузнецов А. Л. Сравнение различных методик оценки требуемой вместимости склада при технологическом проектировании контейнерных терминалов / А. Л. Кузнецов, Е. Ю. Козлова // Эксплуатация морского транспорта. — 2008. — № 4. — С. 9–14.

10. Кузнецов А. Л. Оптимизация высоты складирования контейнеров / А. Л. Кузнецов // Речной транспорт (XXI век). — 2008. — №2. — С. 91–93.

11. Кузнецов А. Л. Количество перемещений контейнеров как функция от высоты складирования / А. Л. Кузнецов, В. А. Погодин // Контейнерный бизнес. — 2008. — № 7 (17). — С. 26–29.

12. РД 31.3.05-97. Нормы технологического проектирования морских портов. — М.: Изд-во СоюзморНИИпроект, 1998. — 177 с.

13. РД 31.3.01.01-93. Руководство по технологическому проектированию морских портов. — М.: Изд-во СоюзморНИИпроект, 1993. — 177 с.

14. Kuznetsov A. Do boxes really have a “digging” effect? / Cargo systems / A. Kuznetsov. — 2008. — Pp. 42–43.

15. Cho H. Determinants and effects of logistics costs in container ports: the transaction cost economics perspective / H. Cho // The Asian Journal of Shipping and Logistics. — 2014. — Vol. 30. — Is. 2. — Pp. 193–215. DOI:10.1016/j.ajsl.2014.09.004.

16. Bandara Y. M. Improving logistics management using foldable/collapsible containers: a case study / Y. M. Bandara, V. Garaniya, C. Chin and Z. H. Leong // The Asian Journal of Shipping and Logistics. — 2015. — Vol. 31. — Is. 1. — Pp. 161–185. DOI:10.1016/j.ajsl.2015.03.007.

17. Schepler X. Global planning in a multi-terminal and multi-modal maritime container port / X. Schepler, S. Balev, S. Michel, É. Sanlaville // Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review. — 2017. — Vol. 100. — Pp. 38–62. DOI: 10.1016/j.tre.2016.12.002.

REFERENCES

1. Kuznetsov, A. L., and E. Yu Kozlova. “Basic model of logistical flows through container terminal.” *Jekspluatacija morskogo transporta* 2 (2008): 18–20.

2. 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.

3. Kuznetsov, A.L., V.A. Pogodin, and Y.B. Spasskiy. “Storage capacity calculation taking into account the irregularity of land transport operations.” *Jekspluatacija morskogo transporta* 4 (2010): 3–9.

4. *Port development. A handbook for planners in developing countries*. Second edition. New York: UNCTAD, 1985.

5. Basov, E. “Comparative study of the economic efficiency of the handling and storage operation on container terminals.” *Transport business of Russia* 6 (2013): 197–198.

6. Uoters, D. *Logistika. Upravlenie tsep'yu postavok*. M.: YuNITI-DANA, 2003.

7. Parola, Francesco, Theo Notteboom, Giovanni Satta, and Jean-Paul Rodrigue. “The impact of multiple-site acquisitions on corporate growth patterns of international terminal operators.” *International Journal of Shipping and Transport Logistics* 7.5 (2015): 621–648. DOI: 10.1504/IJSTL.2015.072018.

8. Guerrero, David, and Jean-Paul Rodrigue. “The waves of containerization: shifts in global maritime transportation.” *Journal of Transport Geography* 34 (2014): 151–164. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2013.12.003.

9. Kuznetsov, A. L., and E. J. Kozlova. “The comparative study of different assessment techniques for the stack size at the container terminal’s technologic design stage.” *Jekspluatacija morskogo transporta* 4 (2008): 9–14.

10. Kuznetsov, A. L. “Optimizatsiya vysoty skladirovaniya konteinerov.” *River transport (XXIst century)* 2 (2008): 91–93.

11. Kuznetsov, A. L., and V. A. Pogodin. “Kolichestvo peremeshchenii konteinerov kak funktsiya ot vysoty skladirovaniya.” *Konteinernyi biznes* 7(17) (2008): 26–29.

12. Russian Federation. Guidance document RD 31.3.05-97. Engineering Design Standards for Seaports. M.: SoyuzmorNIIProekt, 1998.

13. Russian Federation. Guidance document RD 31.3.01.01-93. Guide to Design of Seaports.

14. Kuznetsov A. “Do boxes really have a “digging” effect? / Cargo systems.” (2008): 42–43.

15. Cho, Hyuk-soo. "Determinants and effects of logistics costs in container ports: the transaction cost economics perspective." *The Asian Journal of Shipping and Logistics* 30.2 (2014): 193–215. DOI:10.1016/j.ajsl.2014.09.004.
16. Bandara, Yapa Mahinda, Vikram Garaniya, Christopher Chin, and Zhi Hui Leong. "Improving logistics management using foldable/collapsible containers: a case study." *The Asian Journal of Shipping and Logistics* 31.1 (2015): 161–185. DOI:10.1016/j.ajsl.2015.03.007.
17. Schepler, Xavier, Stefan Balev, Sophie Michel, and Éric Sanlaville. "Global planning in a multi-terminal and multi-modal maritime container port." *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 100 (2017): 38–62. DOI: 10.1016/j.tre.2016.12.002.

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
Щербакова-Слюсаренко Виктория Николаевна —
кандидат технических наук
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала
С. О. Макарова»
198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург,
ул. Двинская, 5/7
e-mail: kaf_pgt@gumrf.ru
Эглит Ян Янович —
доктор технических наук, профессор
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала
С. О. Макарова»
198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург,
ул. Двинская, 5/7
e-mail: JeglitJJ@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
Shcherbakova-Slyusarenko, Victoria N. —
PhD
Admiral Makarov State University of Maritime
and Inland Shipping
5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035,
Russian Federation
e-mail: kaf_pgt@gumrf.ru
Eglit, Yan Ya. —
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: JeglitJJ@gumrf.ru

Статья поступила в редакцию 15 июля 2017 г.
Received: July 15, 2017.