

УДК 656.073

**МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВМЕСТИМОСТИ КОНТЕЙНЕРНОГО
ТЕРМИНАЛА ОБСЛУЖИВАЕМОГО ПОРТАЛЬНЫМИ КОНТЕЙНЕРНЫМИ
АВТОПОГРУЗЧИКАМИ**

**TECHNIQUE FOR DETERMINING THE CAPACITY OF A CONTAINER TERMINAL
SERVICED BY A STRADDLE CARRIER**

Абдувахитов Ш.Р.¹, Махматкулов Ш.Г.², Дехконов М.М.¹
Abduvahitov R.S.¹, Makhmatkulov G.Sh.², Dehkonov M.M.¹

¹ - Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта (Ташкент, Узбекистан)

² - Чанъаньский университет (长安大学) (Сиань, Провинция Шэньси, Китай)

¹ - Tashkent institute of railway engineering (Tashkent, Uzbekistan)

² - Chang'an university (ShaanXi Province, Xi'an, China)

Аннотация. В статье представлены взаимосвязи между параметрами контейнерной площадки оборудованных портальными контейнерными автопогрузчиками в виде математических моделей. В рамках исследования разработан алгоритм определения вместимости контейнерной площадки. Получен график вместимости площадки в зависимости от числа контейнеров, помещающихся по высоте. Также получены результаты возможности переработки контейнеропотока за год в зависимости от оборачиваемости контейнеров.

Abstract. The article presents the relationship between the parameters of the container site equipped with straddle carrier in the form of mathematical models. In recent years, the transport infrastructure has been developing at a fast pace, however, until today, transshipment points, warehouses, and also container terminals are a bottleneck in the supply chain. In the context of continuous growing container traffic in railway transport, a significant problem is the increase in the capacity of container terminals. This problem is associated not only with the rational design or reconstruction of the terminal, but also with the increased use of loading and unloading machines, the placement of containers and throughput. This study proposes to solve the issue of capacity of the site by examining the relationship of the main parameters of the terminal, containers and gantry container loader. The article provides the formulas for calculating the total number of 20-foot containers, which is located on the container site - a common unit of measurement of container flows. In addition, for the option of equipping the container site with portal loaders (SC), formulas are proposed for determining the number of containers in width and in length. The number of tiers on the height of the stack for portal forklift trucks and the turnover of containers in the terminal has been determined. A graph of the results of the dependence of the capacity of containers on the width and length of the container platform. From the plotted chart, you can see that, first of all, the capacity of the container terminal is affected by the number of containers stacked in height. In turn, the height of the container stack is affected by the technical data of the portal forklift. Knowing the turnover of containers, a container flow was calculated, which can recycle a container terminal for a year. According to the calculation, a graph of the processing capacity of the terminal on the storage period of the containers has been developed. From the graph it can be concluded that with short shelf life the processing capacity increases.

Ключевые слова: контейнерный терминал, контейнерная площадка, контейнер, порталыйный контейнерный автопогрузчик, вместимость.

Дата принятия к публикации: 15.11.2018
Дата публикации: 25.12.2018

Сведения об авторах:

Абдувахитов Шахбоз Равшан угли – ассистент кафедры «Транспортная логистика и сервис» Ташкентского института инженеров железнодорожного транспорта, *abduvaxitov@bk.ru*.

Махматкулов Шахобиддин Гиёсиддин угли – докторант (*Ph.D.*) кафедры инженерная логистика и менеджмент (物流工程与管理) Чанъаньского университета (长安大学), *shoh1970@bk.ru*.

Дехконов Мирали Мирхон угли – студент магистратуры кафедры «Транспортная логистика и сервис» Ташкентского института инженеров железнодорожного транспорта, *dehqonov_mirali@mail.ru*.

Введение. Значение и роль отдельных видов транспорта определяется географическим размещением естественных путей сообщения. В Узбекистане из-за отсутствия выхода к морю взаимодействие между автомобильным и железнодорожным транспортом достигает более 90% от общего объёма взаимодействия между различными видами транспорта. В последние годы транспортная инфраструктура развивается большими темпами [12, 18], однако до сегодняшнего дня перевалочные пункты, склады, а также грузовые терминалы являются «узким» местом в логистических цепях поставок (рис. 1).

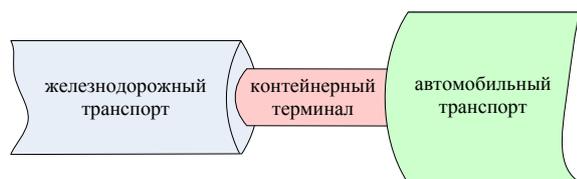


Рис. 1. Фрагмент логистической цепи поставок

As part of the study, an algorithm for determining the capacity of the container site is proposed. In further studies, it is necessary to decide the placement of containers on the site, in order to increase the efficiency of PFP movement. When designing or reconstructing container terminals, it is recommended to use the capacity determination method developed in this study.

Keywords: container terminal, container platform, container, straddle carrier, capacity.

Date of acceptance for publication: 15.11.2018
Date of publication: 25.12.2018

Authors' information:

Abduvahitov R. Shahboz – Assistant Lecturer of Department “Transport logistics and services” at Tashkent institute of railway engineering (Uzbekistan), *abduvaxitov@bk.ru*

Makhmatkulov G. Shakhobiddin – postgraduate (*Ph.D.*) of department of Logistics engineering and management (物流工程与管理) at Chang'an university (长安大学), *shoh1970@bk.ru*

Dehqonov M. Mirali – master-student of department of Transport logistics and service, Tashkent institute of railway engineering, *dehqonov_mirali@mail.ru*

Краткий анализ в области вопроса вместимости контейнерных терминалов.

В условиях непрерывного растущего контейнеропотока на железных дорогах Узбекистана существенной проблемой является увеличение вместимости контейнерных терминалов. Данная проблема связана не только с рациональным проектированием или реконструкцией терминала, но и повышением использования погрузочно-разгрузочных машин, размещением контейнеров и пропускной способности.

В настоящем исследовании предлагается решить вопрос вместимости участка хранения терминала путём исследования взаимосвязи основных параметров контейнерного терминала, транспортной тары (контейнера) и порталыйного автопогрузчика.

В работе [1] авторами приводится более точный и достоверный метод расчета времени цикла и производительности контейнерных погрузчиков.

Разработанная методика по определению вместимости участка хранения контейнер-

ного терминала в исследовании [2] обеспечивает выбор рационального технического оснащения стыкового грузового терминала в Монголии.

Авторы исследования [3] рассматривали вопросы рационального расположения контейнеров на участке складирования грузового терминала, обеспечивающего минимальные простои железнодорожных составов при перевалочных операциях контейнеров с колеи 1435 мм на колею 1520 мм и обратно.

В работе Гусева А.О., Фадеева О.В. и Зуба И.В. [4] были рассмотрены основные факторы, влияющие на технологию работы контейнерного терминала. По мнению авторов, такими факторами являются: перегрузочная техника, время хранения контейнеров, а также ритмичность подхода транспортных средств [4].

Д.Е. Жилиевым предложен подход к определению минимальной ёмкости грузового терминала для переработки заданного контейнеропотока [5]. Также определены составляющие компоненты грузового терминала и определен порядок определения его параметров. В связи этим предложена методика нахождения рациональных значений параметров грузового терминала, обеспечивающих выполнение функций при заданной пропускной способности входящих контейнеропотоков.

Авторами исследования [6] была произведена оценка возможности повышения производительности погрузочно-разгрузочных работ, также представлен способ эффективной оценки выбора погрузочно-разгрузочных машин.

Работа [13] посвящена вопросу технологического проектирования грузовых терминалов существующими способами. Также в статье определены взаимосвязи между элементами участка хранения терминала.

Работы Е.Г.Курилова [14, 15] посвящены исследованию определения запаса вместимости участка хранения терминала при любых случайных закономерностях по прибытию и отправления контейнеров различных типов. Контейнерный терминал рассмотрен с точки зрения элемента логистической системы поставок.

В статье [16] проведен расчет ёмкости грузового терминала с использованием теории массового обслуживания и построены зависимости интегральной функции распределения, позволяющие определить ёмкость зоны основного хранения грузового терминала с заданной вероятностью.

Большой вклад в определении вместимости контейнерных терминалов внёс проф. О.Б. Маликов [1-3, 12, 17, 19, 20]. В работе [17] приводится методика проектирования контейнерных терминалов в цепях поставок. Здесь важно отметить, что в приведенной методике были рассмотрены комплекс мероприятий с использованием различных данных для планирования контейнерного терминала.

В статье [19] приводится способ увеличения перерабатывающей способности грузовых терминалов. Проведенные анализы показали, что при вместимости до 5000 ДФЭ контейнеров, перерабатывающая способность при сокращении сроков хранения не зависит от вместимости терминала.

Метод расчетов себестоимости выгрузки контейнеров и сравнение эффективности выбора часто применяемых подъёмно-транспортных машин (козловой кран и автопогрузчик с крановой стрелой) исследованы в работе [20]. Авторы пришли к выводу, что при небольших терминалах с пропускной способностью до 500 тыс. ДФЭ/год наиболее рационально применять автопогрузчик с крановой стрелой.

Анализ вышеизложенных работ показал, что исследования зачастую направлены на определение вместимости морских контейнерных терминалов или на оптимизацию стыковых грузовых терминалов. Однако крайне редко рассматривается вопрос взаимодействия железнодорожного и автомобильного транспорта через «наземный» терминал.

В зарубежных источниках литературы [21-30] оценка вместимости грузового терминала, зачастую исследуется с участием водного транспорта. В [21] рассматривается вопрос размещения контейнеров, на первом этапе определяются примерное количество контейнеро-мест в каждом ярусе. Более

точная вместимость контейнеров определяется на втором этапе. Вопрос размещения на первом этапе решается с помощью линейного программирования, в то время как для решения вопроса на втором этапе применяется путём перестановок контейнеров. Как отмечено в [22], одной из стратегий управления вместимостью контейнеров в терминале является срок хранения, причем каждый входящий контейнер присваивается классу приоритетов. Авторы исследования [23] рассматривали вопрос штабелирования контейнеров на автоматизированном грузовом контейнерном терминале. В работе проанализированы варианты размещения контейнеров по предложенным в статье категориям. Статья [24] связана с поиском рационального размещения контейнеров, которое минимизирует количество погрузочно-выгрузочных работ, необходимых для перегрузки с морского вида транспорта на автомобильный. Авторы Ким К.Х. (*Kim K.H.*) и Ким Х.Б. (*Kim H.B.*) разработали математические модели и методы решения для получения оптимального решения использования вместимости [25]. Предложено вновь прибывшие контейнеры не штабелировать на контейнеры, которые прибыли ранее.

В исследования [26-28] отмечается, что в последнее четыре десятилетия возрос интерес к изучению вопроса работы контейнерного терминала. Например, в статье [26] были проанализированы и классифицированы источники литературы по поискам решения проблемы вместимости и размещения контейнеров в терминале. Авторы работы [27] поставили перед собой цель в информировании научного общества в области исследования вместимости и функционирования контейнерного терминала. В статье [28] описаны и классифицированы основные логистические процессы и операции в контейнерных терминалах, а также представлен обзор методов их оптимизации. Авторы работы [29] рассматривали вопрос оптимизации погрузочно-разгрузочных машин в размещении и

извлечении контейнеров из зоны хранения терминала. В [30] исследовался вопрос перемещения погрузочно-разгрузочной машины в зоне основного хранения контейнерного терминала.

В зарубежной литературе отсутствует единый подход в определении вместимости контейнерного терминала, также зачастую исследования направлены на проблему взаимодействия водного транспорта с наземными видами транспорта.

Вместимость участка основного хранения терминала.

Наиболее распространенный современный механизм на колесах для погрузки и разгрузки контейнеров - это порталный автопогрузчик (*Straddle Carrier*), показанный на рис. 2. Данные машины являются наиболее распространенными на контейнерных терминалах. Они относятся к уравновешенным автопогрузчикам, так как проекция центра тяжести контейнера не выходит за площадь опоры. Контейнер перевозится между его четырьмя опорами и расположен в середине погрузчика. Удобство автопогрузчика в том, что в зоне основного хранения терминала для взятия и установки контейнера ему не надо разворачиваться, и это позволяет ему работать в узких проходах, а также рационально использовать площадь участка хранения терминала. Контейнеры в этом случае устанавливаются рядами, с проходами между рядами от 1,8 до 2 м.

Такие автопогрузчики имеют возможность складывать контейнеры до 4-х ярусов. Операторы, которые используют этот механизм, сидят посередине на самом вершине, и это позволяет видеть за ними и перед ними. Данные машины могут поднимать до 60 тонн, что равно двум груженым контейнерам.

Портальные автопогрузчики обычно обозначаются по числу устанавливаемых контейнеров по высоте. Например, как на рис. 2 - «1 через 3». Зачастую применяются автопогрузчики типа «1 через 2», каждый из которых может штабелировать два контейнера и еще перевозить один над ними.

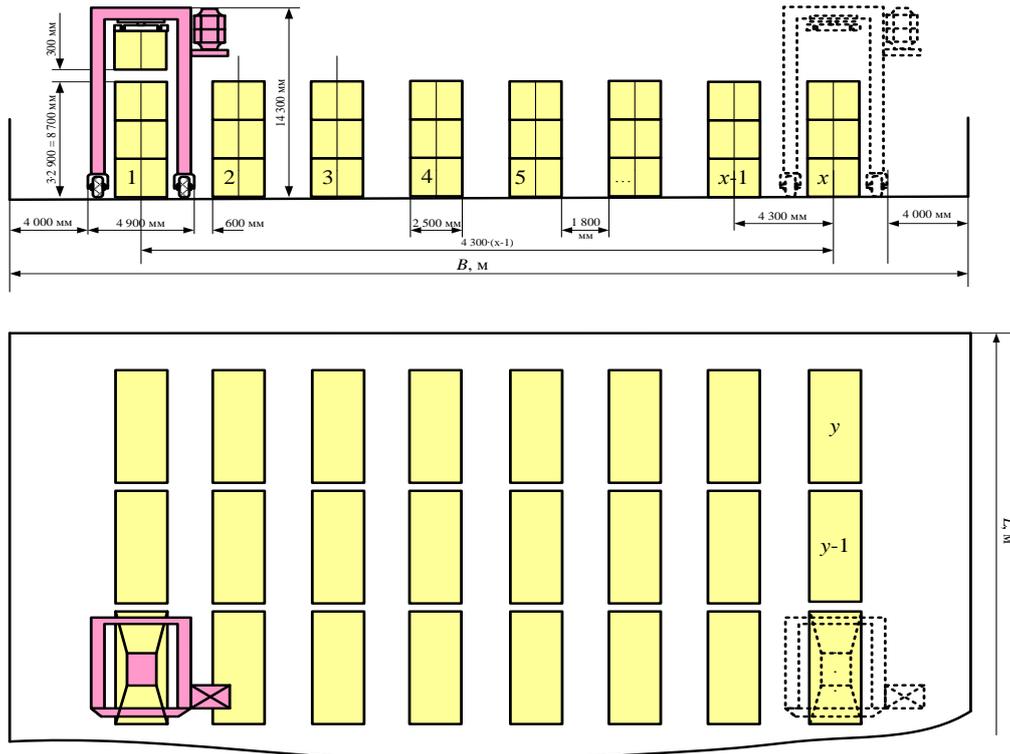


Рис. 2. Участок основного хранения контейнеров

Вместимость контейнеров, которые складываются на участке основного хранения терминала, определяется по формуле [17-20]:

$$R = x \cdot y \cdot z, \quad (1)$$

где x – число контейнеров, размещаемых по ширине зоны хранения; y – число контейнеров, размещаемых по длине зоны хранения; z – число ярусов штабелируемых контейнеров по высоте.

Поскольку в действительности на грузовых контейнерных терминалах одновременно могут складываться 20-футовые контейнеры (ДФЭ – один условный контейнер), 40-футовые контейнеры и 45-ти футовые контейнеры, то число фактических контейнеров на участке хранения терминала будет меньше, в таких случаях обычно принимают коэффициент 0,6...0,7. Однако для расчетов вместимости контейнерного терминала это не имеет принципиального значения, так как занимаемой одним 20-футовый контейнер, размещается, как 2 ДФЭ. То, что контейнеры бывают различных типов, необходимо учесть позже, когда будет определяться производительность подъемно-транспортных машин.

Число размещаемых контейнеров по ширине определяется по формуле:

$$x = \varepsilon \left\{ \frac{B - l_{np} \cdot n_{np}}{4,3} \right\}, \quad (2)$$

где B – ширина участка хранения контейнеров, м; n_{np} – число боковых проходов вдоль площадки (с двух сторон); l_{np} – ширина продольных проездов, м (для автотранспорта вдоль участка хранения контейнеров); 4,3 – округленная ширина одного продольного ряда, м; $\varepsilon\{\dots\}$ – обозначение целой части числа, получающегося в результате выполнения действий в фигурных скобках.

Число контейнеров размещаемых по длине участка хранения, обслуживаемой портальными автопогрузчиками, определяется по формуле:

$$y = \varepsilon \left\{ \frac{L - e \cdot l_{вых}}{6,3} \right\}, \quad (3)$$

где $l_{вых}$ – расстояние по длине участка хранения (на выход портального автопогрузчика из зоны складирования с 40-футовым контейнером (проходы устанавливаются в каждом торце участка)); e – число

торцов участка хранения контейнеров; L – длина участка хранения контейнеров, м;

Число контейнеров по высоте штабеля для порталных автопогрузчиков зачастую принимают $z = 2$ (так как зачастую при $z = 3$ стоимость намного выше).

Оборачиваемость контейнеров в терминале можно определить следующим образом:

$$\eta = \frac{365}{t_{xp}}, \quad (4)$$

где t_{xp} – срок хранения контейнеров, сут.

Зная оборачиваемость контейнеров можно определить контейнеропоток, который способен переработать терминал за 1 год (конт./год):

$$N = R \cdot \eta = R \cdot \frac{365}{\eta}. \quad (5)$$

Методика определения вместимости участка хранения.

В рамках исследования предложен алгоритм определения вместимости участка хранения (рис. 3). Данный алгоритм состоит из следующих основных операций:

- ввод параметров участка хранения и самого контейнера;
- расчёт числа вместимости контейнеров, размещаемых по ширине, длине и высоте участка хранения;
- определение общего числа контейнеров на участке хранения терминала;
- определение контейнеропотока, который может переработать терминал за 1 год.

Описание блок-схемы алгоритма:

- 1 – начало технологического процесса;
- 2 – ввод параметров участка хранения и контейнера;
- 3 – расчёт числа размещаемых контейнеров по ширине участка;

4...7 – расчёт числа размещаемых контейнеров по длине участка;

8...11 – расчёт числа размещаемых контейнеров по высоте участка;

12 – определение общего числа размещаемых контейнеров, которые находятся на участке хранения;

13 – определение оборачиваемости контейнеров в участке хранения;

14, 15 – циклический перебор вариантов;

16 – определение числа контейнеров, которых терминал может переработать за 1 год;

17 – вывод результатов;

18 – окончание процесса.

Обсуждение результатов.

На рис. 4 приведен график зависимости вместимости контейнеров от ширины и длины участка хранения терминала. Из графика видно, что в первую очередь на вместимость участка хранения терминала влияет количество контейнеров, укладываемых по высоте. В свою очередь, на высоту штабеля контейнера влияет технические данные порталного автопогрузчика.

На рис. 5 приведён график зависимости перерабатывающей способности терминала от срока хранения контейнеров. Из графика видно, что при малых сроках хранения перерабатывающая способность увеличивается.

Заключение. В дальнейших исследованиях необходимо решить размещения контейнеров на участке хранения терминала, для увеличения эффективности перемещения погрузочно-разгрузочных машин [7-11]. При проектировании или реконструкции контейнерных терминалов рекомендуется использовать разработанные в данном исследовании методику определения вместимости.

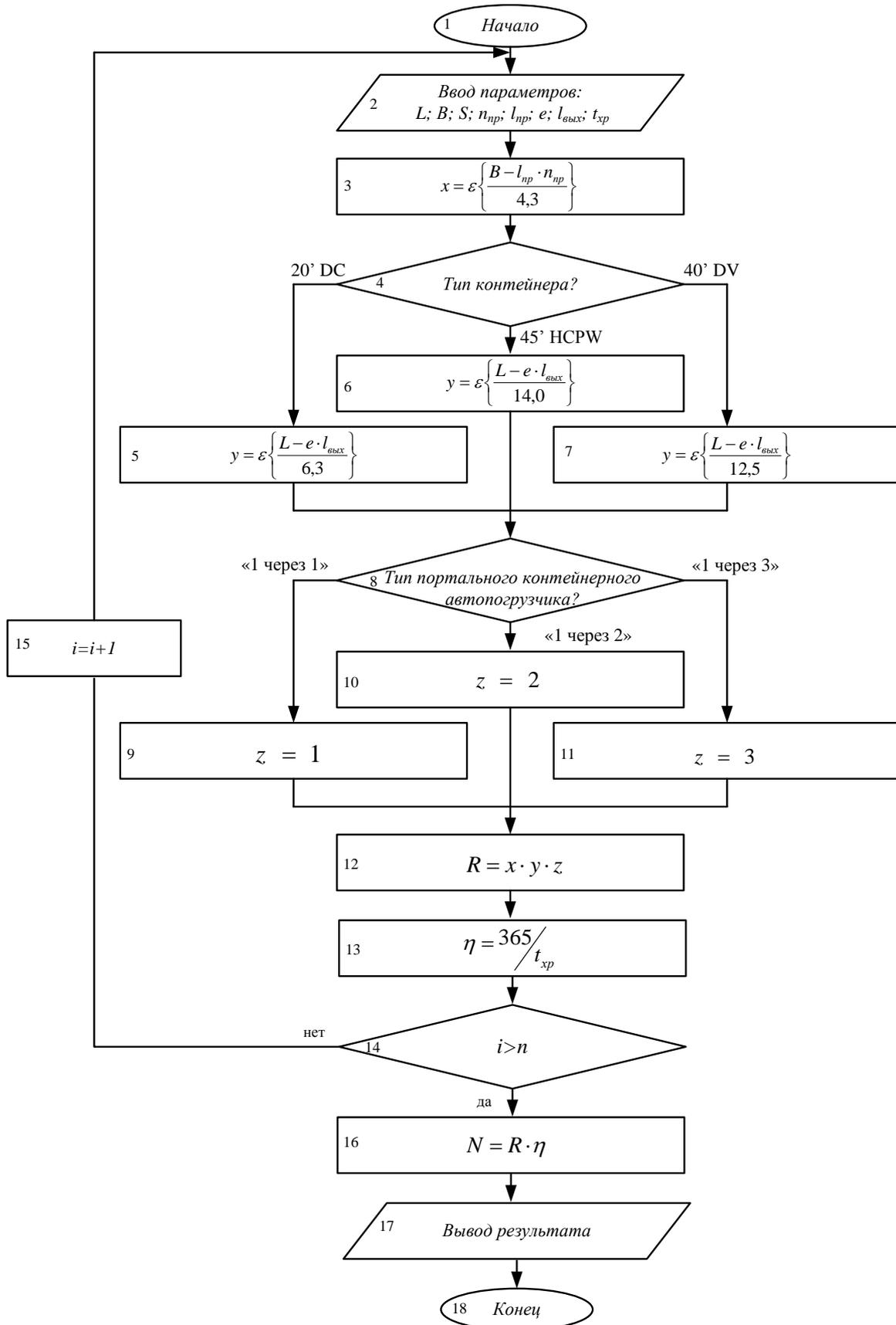


Рис. 3. Алгоритм определения вместимости участка хранения

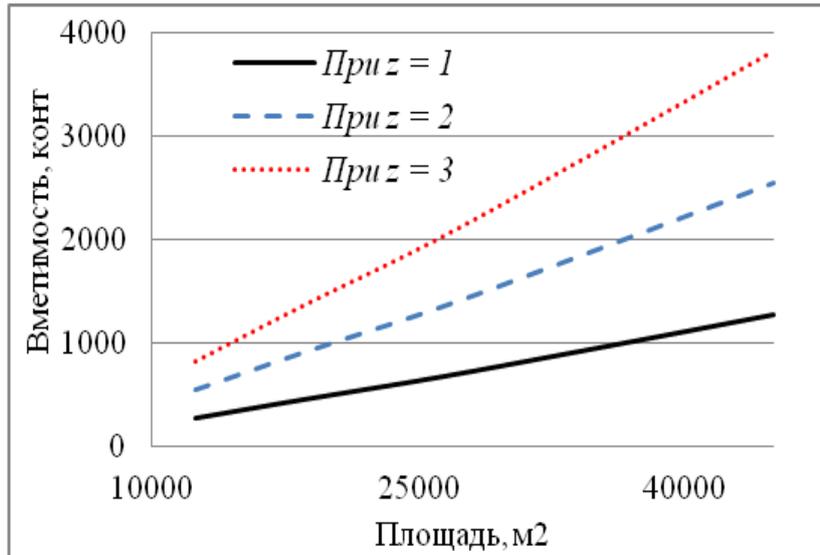


Рис. 4. Зависимость вместимости контейнеров от ширины и длины участка хранения терминала

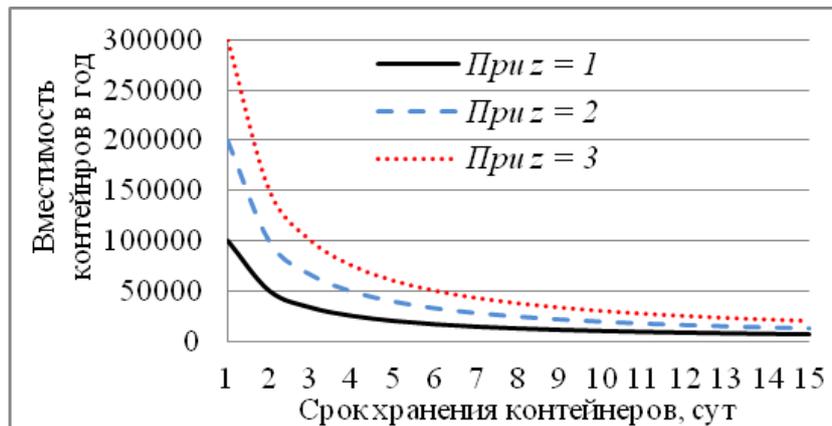


Рис. 5. Зависимость перерабатывающей способности терминала от срока хранения контейнеров

Список литературы

1. Гомбосэд, С. Определение производительности автопогрузчиков на контейнерном терминале / С. Гомбосэд, О.Б. Маликов // Вестник транспорта Поволжья. - 2013. – Вып. 5. – № 41. – С. 46-52.
2. Гомбосэд, С. Технической оснащения контейнерных площадок / С. Гомбосэд, О.Б. Маликов // Современные проблемы транспортного комплекса Росси. - 2013. – Т. 1. – № 3. – С. 7-16.
3. Гомбосэд, С. Оптимизация расположения контейнеров на приграничных терминалах / С. Гомбосэд, О.Б. Маликов // Известия Петербургского университета путей сообщения. - 2013. – Вып. 2. – № 35. – С. 54-59.

References

1. Gombosed S. Determination of the productivity of forklift trucks at the container terminal. *Vestnik transporta Povolzh'ya*, 2013, Vol. 5, No. 41, pp. 46-52. (In Russian)
2. Gombosed S., Malikov O.B. Technical equipment of container sites. *Sovremennye problemy transportnogo kompleksa Rosssi*, 2013, Vol. 1, No. 3, pp. 7-16. (In Russian)
3. Gombosed S. Optimization of the location of containers at border terminals. *Izvestiya Peterburgskogo universiteta putey soobshcheniya*, 2013, Vol. 2, No. 35, pp. 54-59. (In Russian)
4. Gusev A.O. Reloading equipment, as a factor in the formation of the technological scheme of the terminal. *Nauka 21 veka: vopro-*

4. Гусев, А.О. Перегрузочная техника как фактор формирования технологической схемы работы терминала / А.О. Гусев, О.В. Фадеев, И.В. Зуб // Наука 21 века: вопросы, гипотезы, ответы. - 2017. - Вып. 1. - № 22. - С. 59-64.
5. Жилияев, Д.Е. Определение минимальной вместимости контейнерного склада сухого порта для обработки переменного грузопотока / Д.Е. Жилияев // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. - 2015. - Вып. 6. - № 34. - С. 79-85.
6. Изотов, О.А. Оценка эффективности комплектования контейнерной площадки перегрузочным оборудованием / О.А. Изотов, А. В. Гулятьев // Системный анализ и логистика. - 2017. - Вып. 2. - № 15. - С. 18-22.
7. Илесалиев, Д.И. Анализ существующих методов перегрузки тарно-штучных грузов на железнодорожном транспорте / Д.И. Илесалиев, Е.К. Коровяковский // Современные проблемы транспортного комплекса России. - 2015. - Вып. 1 (6). - С. 38-42.
8. Илесалиев, Д.И. Влияние расположения проходов между стеллажами на показатели работы склада водного транспорта / Д.И. Илесалиев, Е.К. Коровяковский // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. - 2015. - Вып. 6 (34). - С. 52-59.
9. Илесалиев, Д.И. Использование различных схем расположения проходов склада тарно-штучных грузов / Д.И. Илесалиев // Логистика: современные тенденции развития: Материалы XIV Междунар. науч.-практ. конф., 9-10 апреля 2015 г.: мат. докл. / отв. ред. В.С. Лукинский. - СПб.: ФГБОУ ВО ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова, 2015. - С. 174-176.
10. Илесалиев, Д.И. К вопросу о схеме размещения стеллажей на складе / Д.И. Илесалиев // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. - 2017. - № 1. - С. 99-106.
11. Илесалиев, Д.И. Обоснование проекта сети грузовых терминалов тарно-штучных грузов / Д.И. Илесалиев // Научно-технический вестник Брянского государственного университета, 2017, Vol. 1, No. 22, pp. 59-64. (In Russian)
12. Zhilyaev D.E. Determination of the minimum capacity of a dry port container warehouse for processing variable cargo traffic. *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota im. admirala S.O. Makarova*, 2015, Vol. 6, No. 34, pp. 79-85. (In Russian)
13. Izotov O.A. Assessment of the efficiency of the container site pick-up with reloading equipment. *Sistemnyj analiz i logistika*, 2017, Vol. 2, No.15, pp. 18-22. (In Russian)
14. Ilesaliev D.I., Korovyakovskij E.K. The analysis of existing methods of package cargoes overloading on railway transportation. *Sovremennye problemy transportnogo kompleksa Rossii*, 2015, Vol. 1, No. 6, pp. 38-42. (In Russian)
15. Ilesaliev D.I, Korovyakovskiy E.K. Influence of location aisle on the performance of the storage water transport. *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova*, 2015, Vol. 6 (34), pp. 52-59. (In Russian)
16. Ilesaliev D.I. Using different layouts warehouse aisles unitized cargo. *Logistika: sovremennye tendencii razvitiya: materialy XIV Mezhdunar. nauch.-prak. konf. 9.10 aprelya 2015 g.: mat. dokl. / отв. red. V. S. Lukinskij. - SPb.: GUMRF imeni admirala S.O. Makarova*, 2015, pp. 174-176. (In Russian)
17. Ilesaliev D.I. On the question of the layout of shelving in the warehouse. *Nauchno-tekhnicheskij vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2017, No. 1, pp. 99-106. (In Russian)
18. Ilesaliev D.I. Justification of the project network terminal piece cargoes. *Nauchno-tekhnicheskij vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2016, No. 4, pp. 110-117. (In Russian)
19. Ilesaliev D.I., Korovyakovskij E.K., Malikov O.B. Transportation of export-import cargoes in the Republic of Uzbekistan. *Izvestiya Peterburgskogo universiteta putej soobshcheniya*, 2014, Vol. 3, No 39, pp. 11-17. (In Russian)
20. Kuznetsov A.L., Kozlova Ye.G. Comparison of various methods for estimating the

дарственного университета. – 2016. - № 4. – С. 110-116.

12. Илесалиев, Д.И. Перевозка экспортно-импортных грузов в Республике Узбекистан / Д.И. Илесалиев, Е.К. Коровяковский, О.Б. Маликов // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2014. – № 3 (39). – С. 11-17.

13. 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. – Вып. 4. – № 54. – С. 9-14.

14. Курилов, Е.Г. К вопросу определения ёмкости контейнерной площадки на таможенном стыковом терминале при случайных контейнеропотоках / Е.Г. Курилов // Экономика, инновации и научные исследования в транспортном комплексе региона: проблемы и перспективы развития. Материалы Всеросс. научно-практ. конф. с междунар. участием / под ред. А.Н. Кобылицкого. - 2017. – С. 167-173.

15. Курилов, Е.Г. Определение ёмкости контейнерной площадки на приграничном терминале / Е.Г. Курилов // Экономические аспекты логистики и качества работы железнодорожного транспорта. Материалы II Всеросс. научно-практ. конф. с междунар. участием. – Омск: ОГУПС, 2016. – С. 124-127.

16. Любенцова, В.С. Решение задачи определения вместимости контейнерного терминала с использованием модели «гибели и рождения» / В.С. Любенцова, А.В. Ефремов // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Физико-математические науки, 2005. – № 38. – С. 155-158.

17. Маликов, О.Б. Проектирование контейнерных терминалов / О.Б. Маликов, Е.К. Коровяковский, Ю.В. Коровяковская Ю.В. - СПб, 2015. – 52 с.

18. Маликов, О.Б. Логистика пакетных перевозок штучных грузов / О.Б. Маликов, Е.К. Коровяковский, Д.И. Илесалиев // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2014. – Вып. 4 (41). – С. 51-57.

required capacity of a warehouse in the technological design of container terminals. *Ehkspluatatsiya morskogo transporta*, 2008, Vol. 4, No 54, pp. 9-14. (In Russian)

14. Kurilov E.G. On the question of determining the capacity of the container site at the customs butt terminal for random container flows. *Ekonomika, innovatsii i nauchnye issledovaniya v transportnom komplekse regiona: problemy i perspektivy razvitiya. Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem*. 2017, pp. 167-173. (In Russian)

15. Kurilov E.G. Determination of the capacity of the container site at the border terminal. *Ekonomicheskie aspekty logistiki i kachestva raboty zheleznodorozhnogo transporta. Materialy II Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. Omsk, Omskiy gosudarstvennyy universitet putyij soobshcheniya*, 2016. P. 124-127. (In Russian)

16. Lyubentsova V.S., Efremov A.V. Solution of the problem of determining the capacity of a container terminal using the “death and birth” model. *Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya Fiziko-matematicheskie nauki*, 2005, No. 38, pp. 155-158. (In Russian)

17. Malikov O.B., Korovyakovskiy E.K., Korovyakovskaya Yu.V. *Proektirovanie kontejnernykh terminalov*. St. Petersburg, 2015. 52 p. (In Russian)

18. Malikov O.B., Korovyakovskiy E.K., Pesaliev D.I. Logistics of package shipments of piece cargo. *Izvestiya Peterburgskogo universiteta putej soobshcheniya*, 2014, Vol. 4, No. 41, pp. 51-57. (In Russian)

19. Malikov O.B. Increase in processing capacity of the container terminal. *Vestnik gosudarstvennogo morskogo universiteta im. admirala F.F. Ushakova*, 2014, Vol. 3, No. 8, pp. 36-41. (In Russian)

20. Malikov O.B. Determination of the cost of container operations at the border terminal. *Sovremennye problemy transportnogo kompleksa Rossii*, 2013, Vol. 3, No. 1. pp. 91-96. (In Russian)

21. Chen L., Lu Z. The storage location assignment problem for outbound containers in a

19. Маликов, О.Б. Увеличение перерабатывающей способности контейнерного терминала / О.Б. Маликов // Вестник государственного морского университета им. адмирала Ф.Ф. Ушакова. - 2014. - Вып. 3. - № 8. - С. 36-41.
20. Маликов, О.Б. Определение себестоимости контейнеро-операции на приграничным терминале / О.Б. Маликов, С. Гомбосэд // Современные проблемы транспортного комплекса России. - 2013. - Т. 3. - № 1. - С. 91-96.
21. Chen, L., Lu Z. The storage location assignment problem for outbound containers in a maritime terminal, *International Journal of Production Economics*, 2012, No. 135, pp. 73–80.
22. Serban C., Carp D. A Genetic Algorithm for Solving a Container Storage Problem Using a Residence Time Strategy, *Studies in Informatics and Control*, 2017, Vol. 26, No. 1.
23. Dekker R., Voogd P., van Asperen E. Advanced methods for container stacking. *OR Spectrum*, 2006, Vol. 28, No. 4, pp. 563-586.
24. Galle V., Barnhart C., Jaillet P. A new binary formulation of the restricted container relocation problem based on a binary encoding of configurations. *European Journal of Operational Research*, 2018, No. 267, pp. 467–477.
25. Kim K.H., Kim H.B. Segregating space allocation models for container inventories in port container terminals. *International Journal of Production Economics*, 1999, No. 59, pp. 415–423.
26. Luo J., Wu Y., Halldorsson A., Song X. Storage and stacking logistics problems in container terminals. *OR Insight*, 2011, No. 24, pp. 256–275.
27. Stahlbock R., Voss S. Operations research at container terminals: a literature update. *OR Spectrum*, 2008, Vol. 30, No. 1, pp. 1–52.
28. Steenken D., Voß S., Stahlbock R. Container terminal operations and operations research - a classification and literature review. *OR Spectrum*, 2004, No. 26, pp. 3–49.
29. Galle V., Barnhart C., Jaillet P. Yard crane scheduling for container storage, retrieval, and relocation. *European Journal of Operational Research*, 2018 Vol. 271, No. 1, pp. 288-316.
30. Zhang C., Liu J., Wan Y.-w., Murty K.G., Linn R.J. Storage space allocation in container terminals. *Transportation Research*, 2003, B 37, pp. 883–903.

30. Zhang C., Liu J., Wan Y.-w., Murty †
K.G., Linn R.J. Storage space allocation in †
container terminals. *Transportation Research*, †
2003, B 37, pp. 883–903. †