

УДК (УДК) 658.235

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ
КОНТЕЙНЕРНОГО ДЕПОDETERMINATION OF RATIONAL VALUES OF THE PARAMETERS OF
THE CONTAINER DEPOTАрипов Н.М., Илесалиев Д.И., Азимов Ф.К., Ибрагимова Г.Р.
Aripov N.M., Ilesaliev D.I., Azimov F.K., Ibragimova G.R.Ташкентский государственный транспортный университет (Ташкент, Узбекистан)
Tashkent State Transport University (Tashkent, Uzbekistan)

Аннотация. На сегодняшний день в связи повышением железнодорожных грузовых перевозок ощущается дефицит контейнеров и при этом вопрос с нехваткой контейнеров не решается долгое время. Это обосновывает практическую актуальность исследования контейнерных депо на железнодорожном транспорте. Еще одной задачей является разработка математических моделей взаимосвязей параметров контейнерного депо. В настоящее время существуют несколько различных методов и способов расчёта и определения параметров контейнерных площадок, анализ которых приведён в статье. Однако, возникает необходимость дополнить, уточнить и унифицировать существующие методы расчёта всевозможных параметров для контейнерного депо, что обосновывает теоретическую актуальность исследования. В связи с чем целью статьи является разработка методики достоверного определения наиболее рациональных значений параметров контейнерного депо, тем самым, совершенствуя и повышая уровень обслуживания клиентов транспорта в целом. Методы исследования базируются на системном анализе и обобщении существующих методов и способов расчёта вместимости контейнерных терминалов. Результаты исследования выражаются в разработанной методике определения вместимости складов на железнодорожном транспорте, которая обеспечивает более квалифицированный расчёт и выбор параметров контейнерных депо, уменьшая ошибочные проектные решения, повышается достоверность проектов развития и совершенствования железнодорожного транспорта и всей транспортной сети.

Ключевые слова: контейнерный терминал, контейнерное депо, вместимость площадки, вилочный автопогрузчик.

Дата принятия к публикации: 15.11.2021
Дата публикации: 25.12.2021

Сведения об авторах:

Арипов Назиржон Мукарарович – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Автоматика и телемеханика» Ташкентского государственного транспортного университета/

Abstract. Today, due to the increase in rail freight traffic, there is a shortage of containers, and the issue of shortage of containers has not been resolved for a long time. This substantiates the practical relevance of the study of container depots in railway transport. Another task is the development of mathematical models of the interconnection of the parameters of the container depot. Currently, there are several different methods and methods for calculating and determining the parameters of container sites, the analysis of which is given in the article. However, there is a need to supplement, clarify and unify the existing methods for calculating all kinds of parameters for a container depot, which justifies the theoretical relevance of the study. Connections with which the purpose of the article is to develop a methodology for the reliable determination of the most rational values of the parameters of the container terminal, thereby improving and increasing the level of customer service in transport in general. Research methods are based on a systematic analysis and generalization of existing methods and methods for calculating the capacity of container depots. The results of the study are presented by the developed methodology for determining the capacity of warehouses on railway transport, which provides a more qualified calculation and selection of container depot parameters, as well as a decrease in erroneous design decisions and an increase in the reliability of projects for the development and improvement of railway transport and the transport network as a whole.

Keywords: container terminal, container depot, container yard capacity, lift trucks.

Date of acceptance for publication: 15.11.2021
Date of publication: 25.12.2021

Authors' information:

Nazirjhon M. Aripov – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of Department «Automation and telemechanics» at the Tashkent State Transport University.

Илесалиев Дауренбек Ихтиярович – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Транспортно-грузовые системы» Ташкентского государственного транспортного университета,
e-mail: ilesaliev@mail.ru

ORCID: 0000-0002-1664-2003

Азимов Фаррух Кахраманович – ассистент кафедры «Транспортно-грузовые системы» Ташкентского государственного транспортного университета, *e-mail: farruxa@mail.ru*.

Ибрагимова Гульшан Руслановна – старший преподаватель кафедры «Организация движения на транспорте» Ташкентского государственного транспортного университета,
e-mail: ibragimova.gulshana@mail.ru.

ORCID: 0000-0002-5998-533X

Daurenbek I. Pesaliev – Doctor of Technical Sciences, Professor of Department «Transport cargo systems» at Tashkent State Transport University,
e-mail: ilesaliev@mail.ru.

ORCID: 0000-0002-1664-2003

Farrukh K. Azimov – Assistant Lecturer of Department «Transport and Cargo Systems» Tashkent State Transport University, *e-mail: farruxa@mail.ru*

Gulshan R. Ibragimova – Senior Lecturer of the Department of «Organization of traffic on transport» at Tashkent State Transport University,
e-mail: ibragimova.gulshana@mail.ru.

ORCID: 0000-0002-5998-533X

1. Введение

На сегодняшний день по всему миру наблюдается тенденция развития контейнерных перевозок, однако нельзя сказать тоже самое про уровень контейнеризации в Узбекистане. Это в большей степени связано с дефицитом контейнеров на рынке грузовых перевозок, а также с нехваткой логистических объектов и малой долей транзитных перевозок. Например, парк контейнеров главного оператора страны АО «Узтемирйулконтейнер» составляет менее 1000 штук в двадцатифутовом эквиваленте. В связи с этим, стоит задача в решении данной проблемы путём организации контейнерного депо, которая повысит уровень обслуживания клиентов как железнодорожного транспорта, так и целой транспортной сети.

2. Описание исследования

Современные грузовые терминальные комплексы представляют собой сложные технические объекты. В данном исследовании в качестве основной методологии для изучения контейнерного депо использован системный анализ технического объекта. Согласно которого, любой исследуемый объект можно рассматривать как систему, которая имеет определённые элементы (технологические участки контейнерного депо). Связь между элементами (информационные и контейнерные потоки) объединены общей целью функционирования (рациональное преобразование параметров контейнеропотока).

В связи с чем, в данном исследовании поставлены следующие задачи:

- проанализировать существующие методы определения вместимости контейнерных площадок;
- произвести структурно-параметрическое описание контейнерного депо;
- определить взаимосвязи вместимости контейнерного депо с основными и производными параметрами;
- выполнить сравнительный анализ основных параметров рекомендуемых погрузочно-разгрузочных машин для переработки и штабелирования порожних контейнеров;
- разработать математические модели взаимосвязи параметров контейнерного депо.

3. Анализ исследований по вопросу вместимости контейнерных площадок

В [1] анализируются преимущества и недостатки контейнерных перевозок, выявлен уровень контейнеризации и его влияние на организацию перевозок грузов через систему контейнерных терминалов. Обозначена роль контейнеризации в минимизации срока доставки грузов железнодорожным транспортом.

В [2] приводится краткий анализ научных исследований в области контейнерных перевозок. Автор даёт определение вместимости контейнерного терминала посредством следующей формулы:

$$\sum R = x \cdot y \cdot z, \quad (3)$$

где x , y , z – число контейнеров, размещаемых в ширину, длину участка хранения терминала и число штабелирования контейнеров в высоту соответственно.

Автор приводит варианты схем расположения технологических участков терминала, оснащённым козловым контейнерным краном, считает, что контейнерные козловые краны эффективно могут использоваться при разнообразных вариантах размещения технологических участков (участок хранения, железнодорожный погрузочно-разгрузочный участок и автомобильный погрузочно-разгрузочный участок), потому как сравнительная простота их конструкций и есть основное преимущество козловых контейнерных кранов.

В [3-4] разработан алгоритм определения вместимости контейнерной площадки. Аналитически определено количество контейнеров, размещенных по длине и ширине участка хранения, который обслуживается порталным автопогрузчиком, формулы которых имеют следующий вид:

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

$$y = \varepsilon \left\{ \frac{L - e \cdot l_{вых}}{6,3} \right\}, \quad (5)$$

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; $l_{вых}$ – расстояние по длине участка хранения, (на выход порталного 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;

В этом же исследовании построен график вместимости площадки в зависимости от числа контейнеров, помещающихся в высоту. В зависимости от оборачиваемости кон-

тейнеров получены результаты возможности переработки контейнеропотока в год.

В [5] приведены преимущества и недостатки, а также технические характеристики козлового порталного пневмокозельного крана. Произведён краткий научный анализ в области исследования технического оснащения контейнерных терминалов. Предложена математическая модель взаимосвязи параметров крана, контейнера и грузового терминала.

Статья [6] посвящена проблеме автоматизированного планирования грузовых работ на железной дороге контейнерного терминала. Автор определяет основные виды работ, которые происходят в процессе выгрузки и погрузки контейнеров. Статья содержит описание метода решения задачи формирования комплекта контейнеров для отгрузки на железнодорожный вагон.

Авторы [7] поставили перед собой задачу улучшить поиск рациональных значений параметров контейнерного терминала. В связи с этим были предложены математические модели взаимосвязи основных значений параметров складских площадей контейнерного терминала, оборудованного ричстакером Kalmar. Приведены зависимости вместимости площадки от длины складской площади. В исследовании также представлены результаты перерабатывающей способности контейнерного терминала за год.

В исследованиях [8-12] рассмотрены вопросы взаимовлияния и взаимосвязи штучных грузов с параметрами грузового терминала на определение количественных показателей вместимости склада штучных грузов.

Контейнерный терминал как сложную техническую систему рассматривают [13]. Методика исследования базируются по схеме марковских случайных процессов. Приводится результирующий вид графа состояний контейнерного терминала, а также пример метода определения количества ричстакеров.

В [14] развиваются методы технологического проектирования морских контейнерных портов и терминалов с точки зрения уточнения представлений о проектируемом

объекте и ужесточения требований к его технико-эксплуатационным характеристикам.

Кузнецов А.Л. и Козлова Е.Ю. [15] сравнили три методики оценки требуемой вместимости склада согласно техно-логического проектирования контейнерных терминалов: через сравнительные величины, по стохастическому методу и на основании развития сценариев. Авторы утверждают, что использование предложенной ими технологии применения проектирования с последовательным сравнением результатов и осознанием границ применимости каждой позволяют избежать серьёзных ошибок, которые могут привести к катастрофическим последствиям в случае создания терминалов.

В [16] авторами проведен анализ вместимости зоны хранения контейнерного терминала при помощи модели «гибели и рождения» теории массового обслуживания, для определения, которой используются разные подходы: вероятностно-статистические методы, имитационное моделирование и математический аппарат систем массового обслуживания, а также выстроены графики зависимости интегральной функции распределения от числа хранящихся на складе контейнеров, с помощью которых можно определить вместимость зоны хранения с заданной вероятностью. Авторы функционирования рассматриваемой системы массового обслуживания описывают процесс «гибели и рождения», где по теории финальные вероятности находятся по формуле при $k \leq n$

$$P(q_k) = \frac{\lambda}{k\mu} \cdot \frac{\lambda}{(k-1)\mu} \dots \frac{\lambda}{\mu} P_0 = \frac{\lambda^k}{\mu^k k!} P_0;$$

при $k \geq n$

$$P(q_k) = \frac{\lambda}{k\mu} \cdot \frac{\lambda}{(k-1)\mu} \dots \frac{\lambda}{\mu} P_0 = \frac{\lambda^k}{\mu^k k!} P_0;$$

где λ – интенсивность входящего потока; k – число занятых мест зоны хранения в q -том состоянии; n – общее число мест в зоне хранения; μ – интенсивность выходящего потока.

В [17] рассмотрены особенности мировой портовой инфраструктуры. По мнению авторов, серьезным препятствием для развития всего промышленного производ-

ства и отдельно транспортной структуры является отставание инфраструктуры российских портов от мирового уровня. Работа проделана с расчетом капитальных затрат на строительство контейнерного терминала. Основной акцент сделан на функционирование существующих и формирование новых транспортных коридоров, которые откроют возможности использования преимуществ территориального расположения России.

В работе [18] проведены исследования по вопросам совершенствования поиска рациональных значений параметров контейнерного терминала, предложены математические модели взаимосвязи основных значений параметров участка хранения контейнерного терминала, оборудованного ричстакером компании Kalmar. Построены зависимости вместимости площадки от длины участка хранения, а также приведены результаты расчета перерабатывающей способности терминала.

Исследование параметров участка основного хранения контейнерного терминала отражено в [19], где проводилось сравнение подъемно-транспортных машин с точки зрения вместимости участка их хранения. Получены результаты, с помощью которых в зависимости от технической оснащенности площадки и срока хранения контейнеров оценена пропускная способность терминала.

В [20] рассмотрены проблемы увеличения перерабатывающей и пропускной способностей морских контейнерных терминалов, а также пути улучшения своевременности грузовых перевозок путем создания «сухих» портов. По разработанной системе параметров «сухих» портов можно сделать выбор стратегии развития морского контейнерного терминала при растущем грузообороте, выполнить оценку затрат системы «морской порт - «сухой» порт». Выявлены особенности построения и исследования имитационной модели системы «морской порт - «сухой» порт» в *AnyLogic*.

В [21] предлагается выбор наилучшего способа складирования грузов при проектировании склада тарно-штучных грузов, при котором обеспечивается наиболее полное

заполнение объема склада, а также минимальные затраты при перемещении груза внутри склада. При исследовании взаимного влияния параметров друг на друга предложены математические модели, устанавливающие взаимосвязи между отдельными параметрами склада тарно-штучных грузов, а также определены вместимости складов тарно-штучных грузов.

В [22] рассмотрен подход к расчёту минимальной необходимой вместимости склада «сухого» порта для обработки грузопотока, представлена методологическая основа исследования на основе формализации взаимодействия морского терминала и «сухого» порта. Также рассмотрены структурные элементы контейнерного склада сухого порта и определен порядок расчета его основных параметров (таких как объем контейнерного склада и площадь каждой из площадок - для импортных грузов, экспортных грузов и порожних контейнеров), определена годовая и среднесуточная пропускная способность «сухого» порта. Оптимизационной задачей для «сухого» порта стало нахождение минимальных значений параметров контейнерного склада, которые обеспечивают выполнение функций «сухого» порта при заданной пропускной способности.

В зарубежных исследованиях [23-29] при определении вместимости контейнерных терминалов в основном рассчитываются через разработку математических моделей.

Анализ работ, представленных выше, показывает степень изученности вместимости контейнерных терминалов, интерес к уровню охвата контейнеризацией в целом. Однако эти исследования не касались вопросов определения вместимости контейнерных депо.

4. Структурно-параметрическое описание контейнерного депо

Структура контейнерного депо в соответствии с основными положениями системного анализа включает разнообразные взаимосвязи между основными элементами - техноло-

гическими участками и погрузочно-разгрузочными машинами. На рис. 1 показана технологическая структура контейнерного депо. Контейнерное депо в отличие от контейнерного терминала состоит всего из трёх элементов: участка хранения порожних контейнеров, железнодорожного и автомобильного погрузочно-разгрузочного участка. Ввиду этого контейнерное депо имеет более простую структуру.

Задача параметрического описания контейнерного депо сводится к их обстоятельному описанию, математическому вычислению и выражению формул. Для описания контейнерного депо могут быть использованы его представления как комплекса взаимосвязанных элементов и учёта их параметров. Среди всех параметров, характеризующих контейнерное депо, можно выделить две основные группы параметров:

- исходные параметры;
- рассчитываемые параметры.

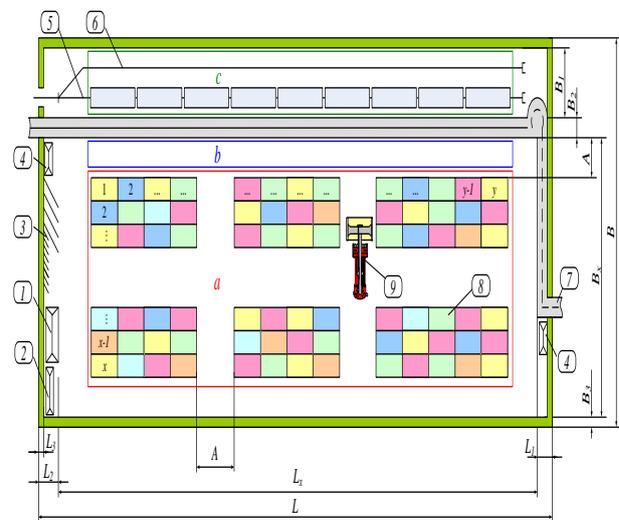


Рис. 1. Схема контейнерного депо по элементам: *a* – участок хранения порожних контейнеров; *b* – автомобильный; *c* – железнодорожный

Обозначение на рис. 1: 1 – Административно-бытовой комплекс; 2 – ремонтная мастерская; 3 – стоянка для легковых и большегрузных автомобилей; 4 – контрольно-пропускной пункт; 5 – железнодорожный погрузочно-разгрузочный участок; 6 – выставочный путь; 7 – автопроезд с двухполосным движением; 8 – штабель порожних кон-

тейнеров; 9 – погрузочно-разгрузочная машина.

Контейнерное депо может быть охарактеризовано следующими основными параметрами: L – длина контейнерного депо, м; L_x – длина участка хранения порожних контейнеров, м; L_1 – часть длины контейнерного депо, занимаемая поперечными проездами для автотранспорта, м; L_2 – часть длины контейнерного депо, занимаемая административно-бытовым комплексом, ремонтными хозяйствами, м; L_3 – ширина газонов вдоль ограждения забора, м; B – ширина контейнерного депо, м; B_x – ширина участка хранения порожних контейнеров, м; B_1 – часть контейнерного депо отведенная на железнодорожный погрузочно-разгрузочный участок, а также на выставочный путь, м; B_2 – часть контейнерного депо отведенная на двухполосный автопроезд, м; B_3 – ширина газонов вдоль ограждения забора, м; A – ширина проезда для погрузочно-разгрузочной машины, м; $l_{жс}$ – длина железнодорожного погрузочно-разгрузочного участка, м; $l_{фр}$ – длина фронта, м; $l_{выс}$ – длина выставочного пути, м; λ – технологический зазор между контейнерами расположенный по длине участка хранения, м; ω – технологический зазор между контейнерами расположенный по ширине участка хранения, м;

В свою очередь контейнер и контейнеропоток характеризуется следующим основными параметрами: l – длина контейнера, м; b – ширина контейнера, м; h – высота контейнера, м; $N_{год}$ – годовой контейнеропоток, ДФЭ/год; $N_{мес}$ – месячный контейнеропоток, ДФЭ/мес; $N_{сут}$ – суточный контейнеропоток, ДФЭ/сут; N_a – годовой контейнеропоток по прибытию и отправлению по автомобильному транспорту, ДФЭ/год; $N_{жс}$ – годовой контейнеропоток по прибытию и отправлению по железнодорожному транспорту, ДФЭ/год;

К временным параметрам относятся: T – число рабочих дней в году, сут.; $t_{мес}$ – количество рабочих дней в месяце, сут.; $t_{см}$ – количество часов в смене, ч; τ – срок хранения порожних контейнеров, сут.; t_{nc} – время на погрузку или разгрузку одного подвижного состава, ч; $t_{ног}$ – время на погрузку одного контейнера, ч; $t_{разг}$ – время на разгрузку од-

ного контейнера, ч; $t_{ц}$ – время рабочего цикла, мин.; $k_{жс}$ – коэффициент неравномерности прибытия и отправления железнодорожным транспортом; k_a – коэффициент неравномерности прибытия и отправления автомобильным транспортом;

К производным параметрам, рассчитываемых на основе основных параметров, относятся: S – площадь занимаемая контейнерным депо, м²; S_x – площадь участка хранения порожних контейнеров, м²; R – ёмкость контейнерного депо, шт.; x – число порожних контейнеров в ширину участка хранения, шт.; y – число порожних контейнеров в длину участка хранения, шт.; z – число штабелируемых порожних контейнеров в высоту, шт.; n_1 – число продольных проходов; n_2 – число поперечных проходов; E – перерабатывающая способность контейнерного депо, конт./год; η – оборачиваемость контейнеров, 1/год; $t_{конт}$ – время затрачиваемое на одну контейнерооперацию, ч; $n_{ваг}$ – количество вагонов по прибытию и отправлению, ваг./сут.; $N_{конт}$ – количество контейнеров по прибытию и отправлению, конт./сут.; k_x – коэффициент использования участка хранения по ширине; k_y – коэффициент использования участка хранения по длине; $n_{жс}$ – количество железнодорожных путей; n_a – количество полос для движения автотранспорта; m_a – количество мест погрузки и разгрузки большегрузных автомобилей; m_c – количество автостоянок для большегрузных автомобилей; x_n – количество подач, под./сут.; $N_{под}$ – количество контейнеров в подаче, конт./под.; m_e – количество вагонов в подаче, ваг./под.; r – потребное количество погрузочно-разгрузочных машин, шт; u – число контейнеров в подвижном составе, шт.; $u_{конт}$ – число контейнеров в вагоне, шт.; p – потребный штат работников контейнерного депо, чел.

На рис. 2 приведена взаимосвязь величины вместимости с основными и производными параметрами контейнерного терминала. Следовательно, сложность структуры склада как системного объекта подтверждено достаточно большим взаимовлиянием исходных и рассчитываемых параметров контейнерного депо. Анализ же рассчитываемых параметров объекта показал их взаимосвязь с вместимо-

стью как важнейшего параметра. Правильно рассчитанная вместимость позволяет с большей точностью определить все остальные па-

раметры, необходимые для повышения функционирования контейнерного депо.

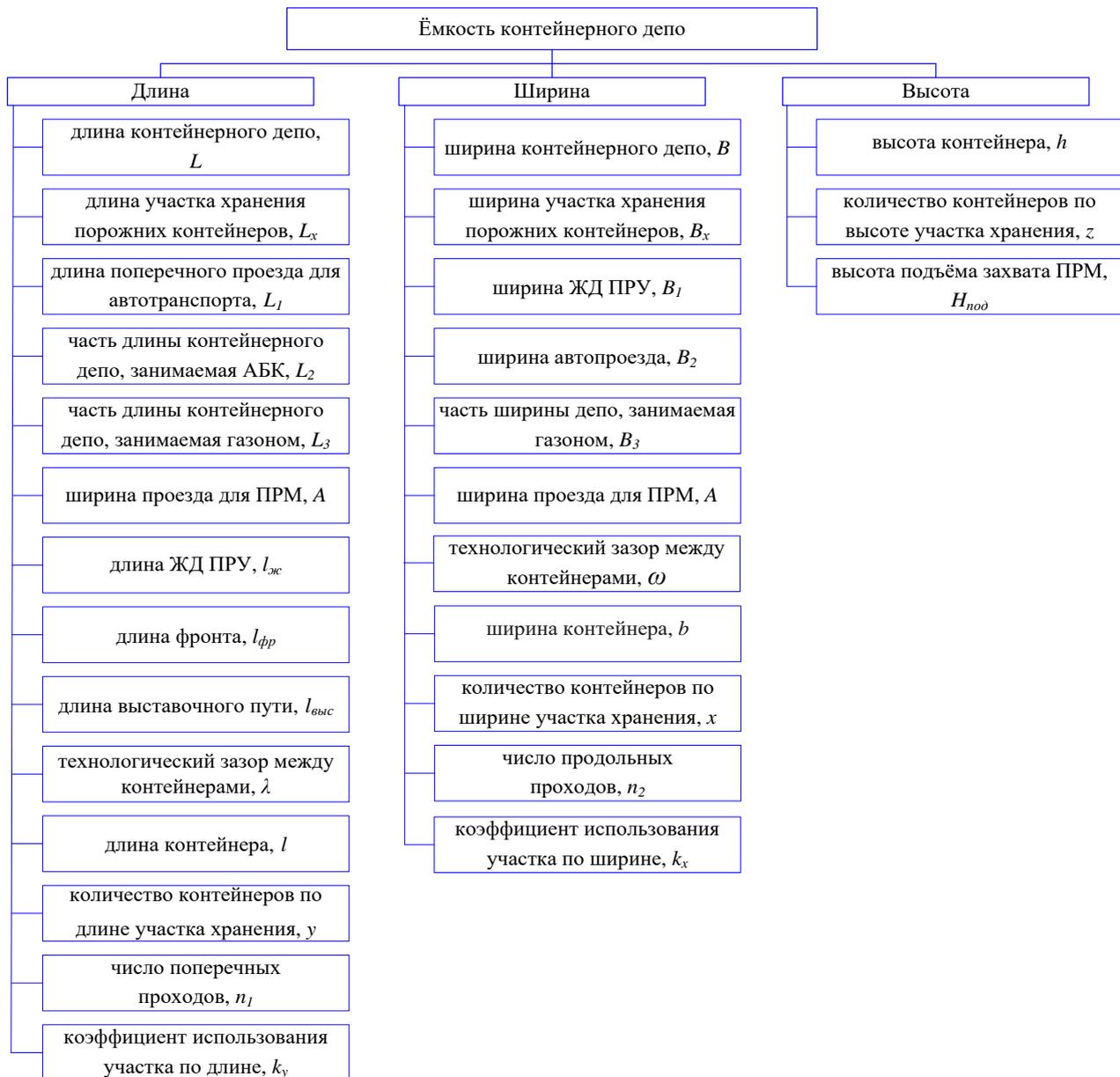


Рис. 2. Взаимосвязь вместимости контейнерного депо с основными и производными параметрами

5. Сравнительный анализ основных параметров погрузочно-разгрузочных машин

Преимущество автопогрузчиков по сравнению с традиционным использованием козловых кранов заключается в следующем: простота и короткие сроки ввода контейнерного депо, отсутствие подкрановых путей,

возможность штабелирования контейнеров выше трёх ярусов и др. Все перечисленные преимущества стали решающими для рекомендации данных типов погрузочно-разгрузочных машин в контейнерном депо.

Оборудование контейнерного депо можно разделить на две подгруппы:

- основное оборудование для переработки и штабелирование порожних контейнеров;

- оборудование вспомогательных служб и сооружений контейнерного депо.

Виды и типы погрузочно-разгрузочных машин связаны с компоновкой генплана депо и зависят от типа перерабатываемых контейнеров. На рис. 3 - 6 приводятся типы контейнерных автопогрузчиков, предназначенных для переработки и штабелирования различных типов контейнеров.

Наибольшее распространение в западных контейнерных терминалах получили автопогрузчики с выдвижной крановой стрелой (*Reach stacker*) (рис. 3).

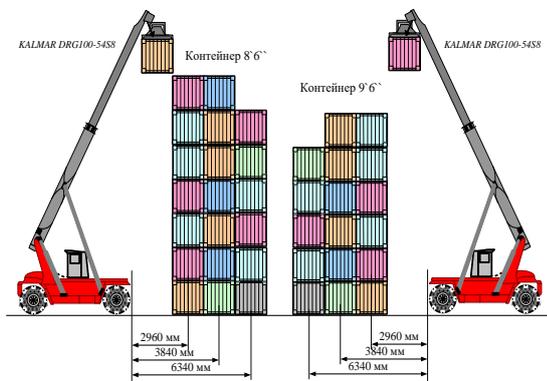


Рис. 3. Контейнерный автопогрузчик с выдвижной крановой стрелой (*Reach stacker*)

Контейнерный автопогрузчик с боковым спредерным захватом (*Double stacker*) имеет возможность штабелировать сразу два погрузочных контейнера (рис. 4). В связи с чем техническая производительность данной погрузочно-разгрузочной машины приблизительно в два раза больше, чем у других видов автопогрузчиков.

Также на западных терминалах применяются контейнерные автопогрузчики с верхним спредерным захватом (*Top-lift handler*) (рис. 5).

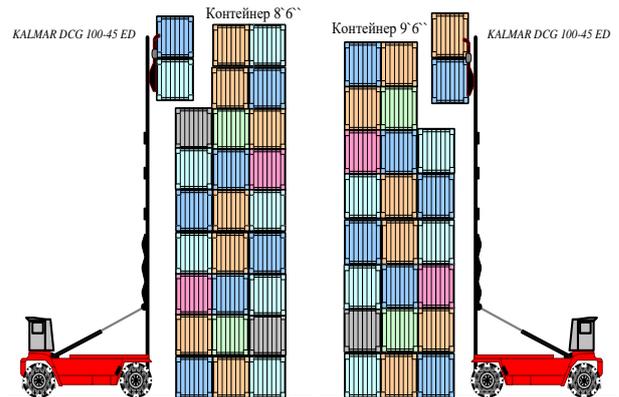


Рис. 4. Контейнерный автопогрузчик с боковым спредерным захватом (*Double stacker*)

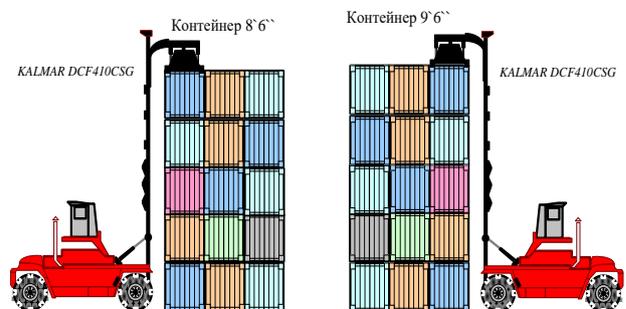


Рис. 5. Контейнерный автопогрузчик с верхним спредерным захватом (*Top-lift handler*)

Контейнерный автопогрузчик с вилочным захватом (*Lift trucks*) является универсальной погрузочно-разгрузочной машиной (рис. 6). Специальные грузозахватные приспособления к вилочным автопогрузчикам позволяют производить погрузочно-разгрузочные работы непосредственно и внутри контейнера.



Рис. 6. Контейнерный автопогрузчик с вилочным захватом (*Lift trucks*)

В табл.1 приводятся основные параметры отдельных моделей контейнерных автопогрузчиков.

Таблица. 1.

Характеристика автопогрузчиков для переработки контейнеров

Параметры	Типы контейнерных автопогрузчиков			
	<i>Reachstacker</i> DRG100-54S8	<i>Double stacker</i> DCG 100-45 ED	<i>Top-lift handler</i> DCF410CSG	<i>Lift trucks</i> DCF370-12
Грузоподъёмность, в зависимости от ряда, т				
1 ряд	10,0	22,0	41,0	37,0
2 ряд	8,0	-	-	-
3 ряд	4,5	-	-	-
Высота штабелирования контейнеров				
Контейнер 8'6''	8	9	5	2
Контейнер 9'6''	7	8	5	2
Ширина проезда				
Контейнер 20 ft	11200	10846	11990	10795
Контейнер 40 ft	14200	14326	14680	10795
Собственный вес, кгс	40300	44497	69750	50100
Скорость подъёма, м/с				
С контейнером	0,50	0,65	0,42	0,35
Без контейнера	0,42	0,59	0,25	0,25
Скорость опускания				
С контейнером	0,42	0,54	0,31	0,25
Без контейнера	0,48	0,59	0,36	0,40
Скорость перемещения, м/с				
Вперёд / Назад	8,3/8,3	6,9/6,9	7,2/7,2	7,2/7,2
С контейнером /Без контейнера	8,3/8,3	6,9/6,9	6,4/6,4	6,6/6,6

* – число ярусов штабелирования порожних контейнеров

Учёт параметров контейнерных автопогрузчиков позволит сделать более квалифицированный расчёт.

6. Разработка математических моделей взаимосвязей параметров контейнерного депо

Далее приведены математические модели, которые показывают зависимости между отдельными параметрами контейнерного депо. Общее количество вместимости контейнерного депо определяется по формуле:

$$R_i = x \cdot y \cdot z \rightarrow \max. \quad (6)$$

Для начала определяется полезная ширина контейнерного депо (ширина технологического участка хранения порожних контейнеров):

$$B_x = B - B_1 - B_2 - B_3. \quad (7)$$

Число размещаемых контейнеров в ширину x участка хранения порожних контейнеров:

$$x = \varepsilon \left\{ \frac{B_x - n_2 \cdot A}{b + \omega} \right\}, \quad (8)$$

где $\varepsilon\{\dots\}$ – обозначение целой части числа, округляется в меньшую сторону.

Число продольных проездов, которое зависит от числа контейнеров, устанавливаемых по глубине штабеля x_1

$$n_2 = \varepsilon \left\{ \frac{B_x - (b + \omega) \cdot x_1 - A}{2 \cdot (b + \omega) \cdot x_1 + A} \right\} + 1, \quad (9)$$

где 1 – продольный проезд вдоль железнодорожного пути.

Размер

$$L_x = L - L_1 - L_2 - L_3. \quad (10)$$

Количество размещаемых контейнеров по длине y участка хранения определяется следующим образом:

$$y = \varepsilon \left\{ \frac{L_x - n_1 \cdot A}{l + \lambda} \right\}. \quad (11)$$

Число поперечных проездов составляет

$$n_1 = \varepsilon \left\{ \frac{L_x}{80} \right\}, \quad (12)$$

где 80 – примерное расстояние, через которое устанавливаются поперечные проезды для автопогрузчиков.

Число фитинговых платформ m_e в подаче вагонов на контейнерное депо можно найти, исходя из суточного контейнеропотока:

$$m_6 = \xi \left\{ \frac{N_{год} \cdot k_{жс}}{365 \cdot u_{конт} \cdot x_n} \right\}, \quad (13)$$

где $\xi\{\dots\}$ – обозначения целой части числа, округляемого в большую сторону.

Потребное количество автопогрузчиков на контейнерном депо определяется как

$$r = \xi \left\{ \frac{N_{сум} \cdot k_{конт} \cdot N_{пер} \cdot t_u}{t_{см} \cdot 60} \right\}. \quad (14)$$

Преимущество предложенных математических моделей состоит в том, что они описывают взаимосвязи параметров контейнерного депо между собой и с технологией работы депо.

7. Обсуждение результатов

На основе разработанных математических моделей взаимосвязи параметров произведены расчёты для определения вместимости участка хранения порожних контейнеров, оборудованных различными типами автопогрузчиками. На рис. 7 - 10 приведены графики вместимости контейнерных депо в зависимости от глубины штабелирования порожних контейнеров и длины участка хранения.

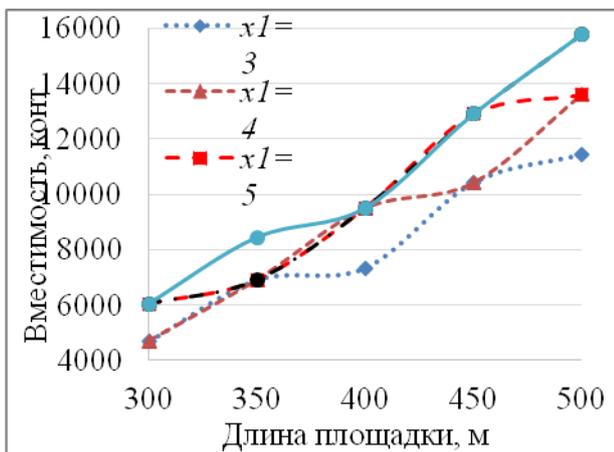


Рис. 7. Вместимость контейнерного депо, оборудованного автопогрузчиком с выдвигной крановой стрелой

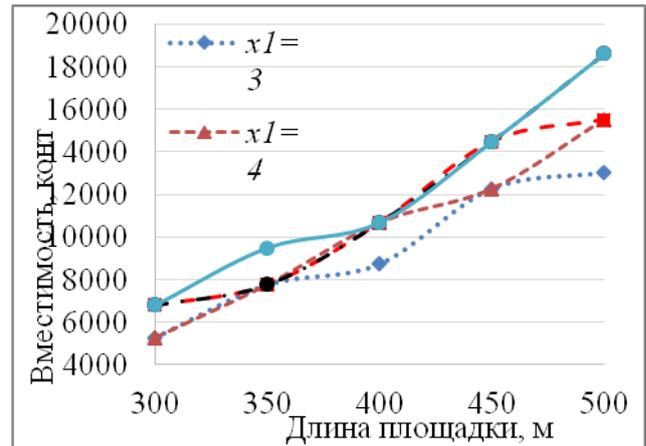


Рис. 8. Вместимость контейнерного депо, оборудованного автопогрузчиком с боковым спредерным захватом

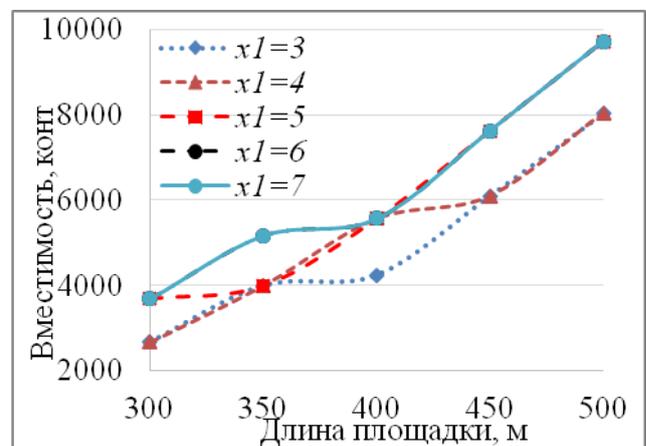


Рисунок 9. Вместимость контейнерного депо, оборудованного автопогрузчиком с верхним спредерным захватом

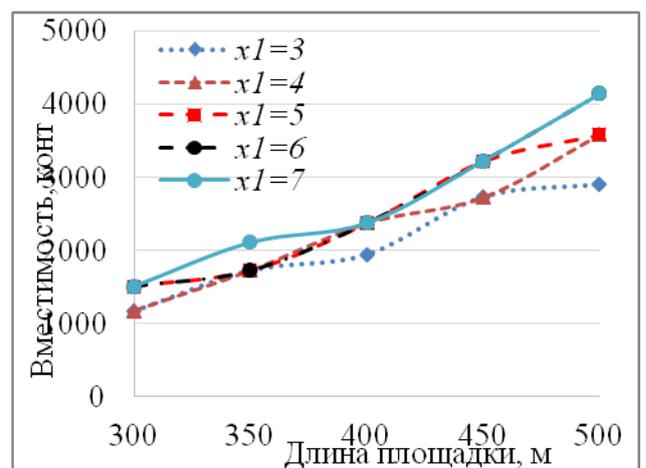


Рис. 10. Вместимость контейнерного депо, оборудованного автопогрузчиком с вилочным захватом

флота им. адмирала С.О. Макарова, 2014. № 3 (25). С. 166-170.

6. Васильев И.А. Метод решения задачи формирования комплекта контейнеров для отгрузки на железнодорожный вагон // Национальная Ассоциация Ученых. 2015. № 2-4 (7). С. 101-103.

7. Жилиев Д.Е. Определение минимальной вместимости контейнерного склада сухого порта для обработки переменного грузопотока // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. 2015. № 6 (34). С. 79-85.

8. Илесалиев Д.И. Использование различных схем расположения проходов склада тарно-штучных грузов // Логистика: современные тенденции развития. 2015. № 1. С. 174-176.

9. Илесалиев Д.И. К вопросу о схеме размещения стеллажей на складе // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2017. № 1. С. 99-106.

10. Илесалиев Д.И. Обоснование метода переработки тарно-штучных грузов на перевалочных складах в цепях поставок: автореф... канд. техн. наук. СПб., 2016. 16 с.

11. Илесалиев Д.И. Определение оптимальных значений параметров погрузочно-разгрузочного участка тарно-штучных грузов // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2015. Вып. 3 (44). 55-63 с.

12. Илесалиев Д.И., Коровяковский Е.К., Определение оптимальных параметров погрузочно-разгрузочного участка с помощью математических методов // Транспорт: проблемы, идеи, перспективы: сборник трудов LXXV Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. СПб.: ФГБОУ ВПО ПГУПС. 2015. С. 227-233.

13. Илесалиев Д.И., Абдувахитов Ш.Р. Исследования функционирования контейнерного терминала // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. 2019. № 11. С. 59-62.

14. Кузнецов А.Л. Генезис агентного имитационного моделирования в ходе развития методов технологического проектиро-

im. admiral S.O. Makarova, 2014, No. 3 (25), pp. 166-170. (In Russian)

6. Vasiliev I.A. A method for solving the problem of forming a set of containers for shipment to a railway car. *Natsionalnaya Assotsiatsiya Uchenyx*, 2015, No. 2-4 (7), pp. 101-103. (In Russian)

7. Ilesaliev D.I., Abduvakhitov S.R., Ismatullaev A.F., Makhmatkulov S.G. Research of the main warehouse of the container terminal, *International Journal of Mechanical Engineering and Advanced Technologies*, 2019, Vol. 9, No. 1, pp. 4625-4630.

DOI: 10.35940/ijeat.A2923.109119

8. Ilesaliev D.I. The use of different layouts of the aisles of the container-piece cargo warehouse. *Logistika: sovremenniy tendencii razvitiya*, 2015, No. 1, pp. 174-176. (In Russian)

9. Ilesaliev D.I. On the question of the layout of racks in the warehouse. *Nauchno-tekhnicheskij vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2017, No. 1, pp. 99-106. (In Russian)

10. Ilesaliev D.I. Substantiation of the method for processing packaged goods at transshipment warehouses in supply chains: author. Cand. tech. tech. sciences. 2016, pp. 16. (In Russian)

11. Ilesaliev D.I. Determination of the optimal values of the parameters of the loading and unloading section of packaged cargo. *Izvestiya Peterburgskogo universiteta putey soobcheniya*, 2015, No. 3 (44), pp. 55-63. (In Russian)

12. Ilesaliev D.I. Determination of the optimal parameters of the loading and unloading area using mathematical methods. *Transport: Problemi, idei, perspektivi: sbornik trudov LXXV Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferencii studentov, aspirantov i molodix uchyonix*. FGBOU VPO PGUPS, 2015, pp. 227-233. (In Russian)

13. Ilesaliev D.I., Abduvakhitov Sh.R. Research of the functioning of the container terminal. *Transport: nauka, texnika, upravlenie. Nauchnyy informatsionnyy sbornik*, 2019, No. 11, pp. 59-62. (In Russian)

14. Kuznetsov A.L. Genesis of agent simulation in the course of development of methods

вания портов и терминалов // Эксплуатация морского транспорта. 2009. № 4 (58). С. 3-7.

15. Кузнецов А.Л., Козлова Е.Ю. Сравнение различных методик оценки требуемой вместимости склада при технологическом проектировании контейнерных терминалов // Эксплуатация морского транспорта. 2008. № 4 (54). С. 9-14.

16. Лубенцова В.С., Ефремов А.В. Решение задачи определения вместимости контейнерного терминала с использованием модели "гибели и рождения" // Вестник Самарского государственного технического университета. 2005. № 38. С. 155-158.

17. Панасенко Н.Н., Яковлев П.В., Контейнеризация международной транспортной системы // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2016. № 4. С. 103-116.

18. Расулов М.Х., Абдувахитов Ш.Р., Илесалиев Д.И. Определение вместимости контейнерного терминала, обслуживаемого ричстакером // Инновационный транспорт. 2019. № 1 (31). С. 35-39.

19. Расулов М.Х., Абдувахитов Ш.Р., Илесалиев Д.И., Исмагуллаев А.Ф., Исследование параметров участка основного хранения контейнерного терминала // Инновационный транспорт. 2019. № 2 (32). С. 31-37.

20. Рахмангулов А.Н., Муравьев Д.С. Оценка направлений развития систем "морской порт – "сухой" порт" методом имитационного моделирования // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. 2016. № 3 (31). С. 54-72.

21. Abduvakhitov Sh.R., Ilesaliev D.I. Capacity of storage of participant cargoes. International Journal of Psychosocial Rehabilitation. 2020. T.24. №4. pp. 3864-3871. DOI: 10.35940/ijitee.A9163.119119.

22. Boile, M., Theofanis, S., Baveja, A., & Mittal, N. Regional Repositioning of Empty Containers // Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, Vol. 2066(1), pp. 31–40. doi:10.3141/2066-04.

23. Chu C., Huang W. Determining container terminal capacity on the basis of an adopted yard handling system // Transport Re-

for technological design of ports and terminals. *Ekspluatatsiya morskogo transporta*, 2009, No. 4 (58), pp. 3-7. (In Russian)

15. Kuznetsov A.L., Kozlova E.Yu. Comparison of various methods for assessing the required storage capacity for a technological project of container terminals. *Ekspluatatsiya morskogo transporta*, 2008, No. 4 (54), pp. 9-14. (In Russian)

16. Lubentsova 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 texnicheskogo universiteta*, 2005, No. 38, pp. 155-158. (In Russian)

17. Panasenko N.N., Yakovlev P.V. Containerization of the international transport system. *Vestnik Astraxanskogo gosudarstvennogo texnicheskogo universiteta. Seriya: Morskaya texnika i texnologiya*, 2016, No. 4, pp. 103-116. (In Russian)

18. Rasulov M.Kh., Abduvakhitov Sh.R.U., Ilesaliev D.I. Determination of the capacity of a container terminal served by a reachstacker. *Innovatsionnyy transport*, 2019, No. 1 (31), pp. 35-39. (In Russian)

19. Rasulov M.Kh., Abduvakhitov Sh.R.U., Ilesaliev D.I., Ismatullaev A.F. Study of the parameters of the main storage area of the container terminal. *Innovatsionnyy transport*, 2019, No. 2 (32), pp. 31-37. (In Russian)

20. Rakhmangulov A.N., Muravyev D.S. Assessment of the development of the systems "seaport -" dry "port by the method of simulation. *Vestnik Uralskogo gosudarstvennogo universiteta putey soobshcheniya*, 2016, No. 3 (31), pp. 54-72. (In Russian)

21. Abduvakhitov Sh.R., Ilesaliev D.I. Participants' cargo storage capacity. *International Journal of Psychosocial Rehabilitation*, 2020, T. 24. No. 4, pp. 3864-3871. DOI: 10.35940/ijitee.A9163.119119

22. Boile M., Theofanis S., Baveja, A., Mittal N. (2008). Regional Repositioning of Empty Containers. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2066(1), 31–40. DOI:10.3141/2066-04

23. Chu C., Huang W. Determining con-

