



УДК 656.073.2

Организация работы терминала при хранении контейнеров на полуприцепах

Н. В. Малышев

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Россия, 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9

Для цитирования: Малышев Н. В. Организация работы терминала при хранении контейнеров на полуприцепах // Известия Петербургского государственного университета путей сообщения. СПб.: ПГУПС, 2024. Т. 21, вып. 3. С. 575–584. DOI: 10.20295/1815-588X-2024-03-575-584

Аннотация

Цель: разработка метода определения конфигурации транспортно-складской системы контейнерного терминала, который поможет в процессе проектирования определить количество козловых кранов, терминальных тягачей, а также количество и расположение мест хранения. **Методы:** наблюдение и анализ технологии работы современных контейнерных терминалов. Применяется системный подход к их проектированию. **Результаты:** разработан метод определения конфигурации транспортно-складской системы контейнерного терминала, отличием которого является хранение контейнера на полуприцепе. **Практическая значимость:** разработанный метод позволит оценить производительность контейнерного терминала и капитальные затраты перед началом проектирования.

Ключевые слова: подъемно-транспортная машина, терминал, контейнерно-транспортная система, рациональное распределение ресурсов

Введение

Хорошо изучено, что основным методом хранения контейнеров на контейнерных терминалах является складирование штабелями [1–3]. Такая конфигурация выгодна при большом контейнеропотоке и ограниченном пространстве для хранения, как в случае с морскими портами, но осложняется операцией извлечения контейнера из штабеля [4, 5]. Одним из альтернативных методов является хранение контейнера на полуприцепе [6]. Такой метод требует меньших вложений в дорогостоящее подъемно-транспортное оборудование и отличается от наиболее распространенной схемы высокой скоростью

перемещения контейнера внутри терминала. Широкое распространение метод получил на мультимодальных терминалах при работе железнодорожным и автомобильным видами транспорта в Северной Америке [7, 8]. Условиями применения такого метода являются небольшой контейнеропоток и необходимость снизить простой под грузовыми операциями железнодорожных составов. В отечественном академическом сообществе теоретическим исследованиям этих терминалов уделяется мало внимания, поскольку распространения на территории Российской Федерации они не получили.

Перспективы применения на сети железных дорог Российской Федерации

В сети железных дорог России находится 153 контейнерных терминала, принадлежащих Центральной дирекции по управлению терминально-складским комплексом ОАО «РЖД» [9] и оборудованных преимущественно козловыми кранами. Применение схемы с хранением контейнеров на прицепах может позволить:

– ускорить оборот контейнеров и взаимодействие с автомобильным транспортом без задействования погрузочно-разгрузочной техники;

– интегрировать автомобильные перевозки с железнодорожной логистикой, перемещая контейнеры между терминалами ОАО «РЖД» и партнеров;

– уменьшить эксплуатационные расходы на техническое обслуживание и ремонт погрузочно-разгрузочной техники на терминалах с контейнеропотоком менее 10 тыс. контейнеров в год;

– создать более удобные логистические схемы и повысить уровень сервиса, что особенно важно в условиях высокой конкурентной среды.

Расчет времени погрузочно-разгрузочных и транспортно-складских операций

Для расчета разработаны формулы определения времени цикла работы кранов и тягачей с целью планировки двора, которая минимизирует эксплуатационные и капитальные затраты.

Козловые краны работают путем перемещения контейнеров из вагона в тягач при прибытии состава и обратно при отправлении. На основании формулы ожидаемого времени цикла крана [10] предложены формулы цикла

при погрузке в транспортное средство и выгрузке контейнера из транспортного средства.

Время операции выгрузки, мин:

$$t_{\text{выгр}} = t_{\text{выгр}}^{\text{пуст}} + t_{\text{опуск}}^{\text{пуст}} + t_{\text{зах}} + t_{\text{под}}^{\text{эрузж}} + t_{\text{тел}}^{\text{эрузж}} + t_{\text{опуск}}^{\text{эрузж}} + t_{\text{отпуск}} + t_{\text{под}}^{\text{пуст}} = t_{\text{выгр}}^{\text{пуст}} + \frac{h_{\text{опуск}}^{\text{ваг}} + h_{\text{под}}^{\text{авто}}}{v_{\text{спред}}^{\text{пуст}}} + t_{\text{зах}} + \frac{h_{\text{под}}^{\text{ваг}} + h_{\text{опуск}}^{\text{авто}}}{v_{\text{спред}}^{\text{конт}}} + \frac{2 \cdot b_{\text{жа}} + b_n \cdot (N_n - 1)}{2 \cdot v_{\text{тел}}^{\text{эрузж}}} + t_{\text{отпуск}}, \quad (1)$$

где $t_{\text{выгр}}^{\text{пуст}}$ — время одновременного движения портала и тележки при выгрузке, мин;

$t_{\text{опуск}}^{\text{пуст}}$ — время опускания пустого спредера, мин;

$t_{\text{зах}}$ — время захвата спредером контейнера, мин;

$t_{\text{под}}^{\text{эрузж}}$ — время подъема спредера с контейнером, мин;

$t_{\text{тел}}^{\text{эрузж}}$ — время движения тележки с контейнером, мин;

$t_{\text{опуск}}^{\text{эрузж}}$ — время опускания спредера с контейнером, мин;

$t_{\text{отпуск}}$ — время отпущения спредером контейнера, мин;

$t_{\text{под}}^{\text{пуст}}$ — время подъема пустого спредера, мин;

$h_{\text{опуск}}^{\text{ваг}}$ — расстояние опускания спредера с высоты движения тележки до автомобиля, м;

$h_{\text{под}}^{\text{ваг}}$ — расстояние подъема спредера с платформы до высоты движения тележки крана, м;

$v_{\text{тел}}^{\text{конт}}$ — скорость тележки крана с контейнером, м/мин;

$v_{\text{спред}}^{\text{конт}}$ — скорость спредера крана с контейнером, м/мин;

$v_{\text{спред}}^{\text{пуст}}$ — скорость спредера крана без контейнера, м/мин;

$b_{\text{жа}}$ — расстояние, преодолеваемое тележкой крана от оси ближайшей полосы

для автомобилей до оси ближайшего железнодорожного пути, м;

b_n — расстояние между осями ближайших железнодорожных путей, м;

N_n — количество железнодорожных путей под порталом крана.

Время операции погрузки, мин:

$$t_{погр} = t_{погр}^{пуст} + t_{опуск}^{пуст} + t_{зах} + t_{под}^{груж} + t_{тел}^{груж} + t_{опуск}^{груж} + t_{отпуск}^{пуст} + t_{под}^{пуст} = t_{погр}^{пуст} + \frac{h_{автo}^{опуск} + h_{ваг}^{под}}{v_{спред}^{пуст}} + t_{зах} + \frac{h_{под}^{автo} + h_{опуск}^{ваг}}{v_{спред}^{пуст}} + \frac{2 \cdot b_{жа} + b_n \cdot (N_n - 1)}{2 \cdot v_{тел}^{груж}} + t_{отпуск}^{пуст}, \quad (2)$$

где $t_{погр}^{пуст}$ — время одновременного движения портала и тележки при погрузке, мин.

Поскольку на грузовом фронте одновременно может работать несколько козловых кранов, предполагается, что каждый из них работает в отдельных зонах, имеющих одинаковый размер.

Для определения ожидаемого времени одновременного движения портала и тележки при выгрузке или погрузке задаем минимальное время перемещения тележки крана:

$$t_{тел}^{мин} = \frac{b_{жа}}{v_{тел}^{пуст}}, \quad (3)$$

где $v_{тел}^{пуст}$ — скорость тележки крана без контейнера, м/мин.

Тогда максимальное время перемещения тележки крана:

$$t_{тел}^{макс} = \frac{(b_{жа} + b_{ж})}{v_{тел}^{пуст}}, \quad (4)$$

где $b_{ж}$ — расстояние, преодолеваемое тележкой крана от оси ближайшего железнодорожного пути до оси крайнего железнодорожного пути, м.

При этом максимальное время перемещения портала задается формулой:

$$t_{порт}^{макс} = \frac{b_{nn}}{v_{порт}^{пуст}}, \quad (5)$$

где b_{nn} — расстояние, преодолеваемое порталом крана от первой платформы до последней платформы, м;

$v_{порт}^{пуст}$ — скорость портала крана без контейнера, м/мин.

Расчет ожидаемого времени одновременного движения портала и тележки при выгрузке или погрузке производится по предложенной формуле:

$$M[t_{погр}^{пуст}] = M[t_{выгр}^{пуст}] = \int_{t_{тел}^{мин}}^{t_{тел}^{макс}} \left(1 - \frac{t - t_{тел}^{мин}}{t_{тел}^{макс} - t_{тел}^{мин}}\right) \cdot \left(1 - \frac{(t_{тел}^{макс} - t)^2}{(t_{тел}^{макс})^2}\right) dt + \int_{t_{порт}^{макс}}^{t_{порт}^{макс}} \frac{(t_{тел}^{макс} - t)^2}{(t_{тел}^{макс})^2} dt. \quad (6)$$

В методе предполагаем, что зона хранения параллельна оси погрузочно-выгрузочных железнодорожных путей, а парковочные места перпендикулярны к ней. Проезды для автомобилей под порталом крана являются двусторонними. Чтобы вычислить ожидаемое расстояние перемещения терминального тягача, вводятся отдельные формулы для ожидаемого расстояния перемещения по горизонтали и вертикали [11].

Ожидаемое расстояние по вертикали задается предложенным уравнением, учитывая случайность расположения необходимого контейнера в зоне хранения. Коэффициент 2 перед суммированием учитывает перемещение тягача в оба конца:

$$M[l_{верт}] = 2 \cdot \sum_{i=1}^{N_{шир}} \frac{i \cdot b_{прод} + (i-1) \cdot b_{зп} + \frac{b_{зп}}{2}}{N_{шир}}, \quad (7)$$

где $N_{шир}$ — количество групп по ширине;

$b_{прод}$ — ширина продольного прохода, м;

$b_{зп}$ — ширина группы в зоне хранения, м.

Чтобы вычислить ожидаемое расстояние перемещения по горизонтали, зона хранения разделена на $N_{дл}$ групп длиной $\frac{L_{дл}}{N_{дл}}$. Предполагается, что в каждом цикле терминальный тягач начинает и заканчивает свой путь в середине такой группы.

Для перемещений, выполняемых между разными столбцами групп, необходимо ввести количество групп между начальной и конечной позициями j . Расстояние перемещения по горизонтали для конкретного j равно $\frac{j \cdot L_{дл}}{N_{дл}}$, а его вероятность равна $\frac{2 \cdot (N_{дл} - j)}{N_{дл}^2}$. Согласно приведенному выше анализу, ожидаемое расстояние перемещения по горизонтали вычисляется по формуле:

$$M[l_{гориз}] = 2 \cdot \left(\frac{L_{дл}}{2 \cdot N_{шур} \cdot N_{дл}^2} + \frac{(N_{шур} - 1) \cdot L_{дл}}{N_{шур} \cdot N_{дл}^2} + \sum_{j=1}^{N_{дл}-1} \frac{2 \cdot j \cdot L_{дл} \cdot (N_{дл} - j)}{N_{дл}^3} \right). \quad (8)$$

Таким образом, ожидаемое время в пути терминальных тягачей может быть рассчитано:

$$T_{тяг} = \frac{M[l_{верт}]}{v_{тяг}} + \frac{M[l_{гориз}]}{v_{тяг}} + t_{с/о}, \quad (9)$$

где $v_{тяг}$ — средняя скорость терминального тягача, м/мин;

$t_{с/о}$ — время для соединения/отсоединения с прицепом тягача в зоне хранения, мин.

Для определения конфигурации терминала с минимальными капитальными и эксплуатационными расходами, учитывая годовые затраты, предложена целевая функция:

$$F(N_{дл}, N_{шур}, n_{кран}, n_{тяг}) = n_{дн} \cdot \mathcal{E}_{кр} \cdot t_{перег} \cdot (N_{приб} + N_{отпр} + N_{нп}) + n_{дн} \cdot \mathcal{E}_{тяг} \cdot T_{тяг} \cdot (N_{приб} + N_{отпр}) + K_{кран} \cdot \varepsilon \cdot n_{кран} + K_{тяг} \cdot \varepsilon \cdot n_{тяг} + K_{покp} \cdot \varepsilon \cdot L_{дл} + B_{шур} + K_{жднпути} \cdot \varepsilon \cdot L_{жднпути} \rightarrow \min, \quad (10)$$

где $N_{дл}$ — количество групп по длине;

$n_{кран}$ — количество козловых кранов;

$n_{тяг}$ — количество терминальных тягачей;

$n_{дн}$ — количество дней работы терминала, дни;

$\mathcal{E}_{кр}$ — эксплуатационные затраты на работу козловой крана, тыс. руб./ч;

$t_{перег}$ — среднее время погрузочно-разгрузочной операции, мин;

$N_{приб}$ — количество прибывающих контейнеров в сутки, конт.;

$N_{отпр}$ — количество отправляющихся контейнеров в сутки, конт.;

$N_{нп}$ — количество контейнеров по прямой перегрузке в сутки, конт.;

$\mathcal{E}_{тяг}$ — эксплуатационные затраты на работу терминального тягача, тыс. руб./ч;

$K_{кран}$ — капитальные затраты на козловой кран, млн руб.;

ε — норма дисконта;

$K_{тяг}$ — капитальные затраты на терминальный тягач, млн руб.;

$K_{покp}$ — капитальные затраты на квадратный метр покрытия, млн руб.;

$K_{жднпути}$ — капитальные затраты на погонный метр железнодорожного пути, млн руб.

Ограничения:

$$\frac{N_{шур} (L_{дл} - b_{нопер} \cdot (N_{дл} + 1))}{b_{конт}} \geq \frac{N_{приб} \cdot t_{хран}^{приб} + N_{отпр} \cdot t_{хран}^{отпр}}{k_c}, \quad (11)$$

где $b_{нопер}$ — ширина поперечного прохода, м;

$b_{\text{конт}}$ — ширина контейнера, м;
 $t_{\text{хран}}^{\text{приб}}$ — срок хранения прибывающего контейнера, ч;
 $t_{\text{хран}}^{\text{отпр}}$ — срок хранения отправляющегося контейнера, ч;
 k_c — коэффициент использования площади для хранения.

$$\frac{1}{n_{\text{кран}} \cdot k_{\text{кран}}} \cdot (N_{\text{приб}} + N_{\text{отпр}} + N_{\text{нп}}) \cdot t_{\text{перез}} + t_{\text{под/уб}} \cdot k_{\text{TEU}} \cdot \frac{N_{\text{приб}} + N_{\text{отпр}} + N_{\text{нп}}}{N_{\text{сост}} \cdot L_{\text{ждпути}}} \leq T_{\text{раб}}, \quad (12)$$

где $k_{\text{кран}}$ — коэффициент использования крана;
 $t_{\text{под/уб}}$ — время на подачу и уборку контейнерного состава, ч;
 K_{TEU} — коэффициент сорокафутовых к двадцатифутовым контейнерам;
 $N_{\text{сост}}$ — количество контейнеров в составе, конт;
 $T_{\text{раб}}$ — время работы терминала в сутки, ч.

$$\frac{1}{n_{\text{тяг}} \cdot k_{\text{тяг}}} \cdot (N_{\text{приб}} + N_{\text{отпр}}) \cdot T_{\text{тяг}} \leq T_{\text{раб}}, \quad (13)$$

$$N_{\text{дл}}, N_{\text{шпр}}, n_{\text{кран}}, n_{\text{тягач}} \in Z, \quad (14)$$

где $k_{\text{тяг}}$ — коэффициент использования терминального тягача.

Результаты расчета

Для определения зависимостей количества козловых кранов, терминальных тягачей и мест хранения от различных контейнеропотоков приняты характеристики, представленные в табл. 1.

Объем контейнеропотока по прибытию и отправлению равный. Срок хранения на терминале для контейнеров одинаковый.

Важно отметить, что формула времени цикла работы крана имеет некоторые упрощения. Предполагается, что подъем и перемещение

контейнера краном происходят случайным образом; однако это предположение не относится к действующему терминалу, где движения крана тщательно упорядочиваются, чтобы оптимизировать выполнение конкретной задачи. Кроме того, зона работы кранов может быть разделена на неравные зоны для одинаковых кранов.

На основании предложенных расчетов для определения конфигурации контейнерного терминала результаты (табл. 2) показывают, что время простоя контейнера оказывает значительное влияние на производительность терминала. На терминалах с контейнеропотоком до 50 тыс. контейнеров в год наиболее сложными являются погрузочно-разгрузочные операции с вагонами. На терминалах с контейнеропотоком более 50 тыс. контейнеров в год наиболее трудоемкие операции связаны с большим временем простоя и рациональным использованием терминальных тягачей (рис. 1).

Выводы

Увеличение размера терминала позволяет создать оптимальную конфигурацию с меньшим количеством групп по ширине и большим количеством по длине. При этом продолжительность хранения контейнера не оказывает существенного влияния на время цикла работы всей техники, которое в основном складывается из цикла работы кранов и локомотивов. Однако время хранения контейнеров существенно влияет на затраты, особенно для крупных терминалов. Это означает экономически нецелесообразное применение предложенной технологии на терминалах с контейнеропотоком более 100 тыс. контейнеров в год.

Как видно из графика, сокращение цикла работы крана до 1,01 мин. для терминала с контейнеропотоком более 500 тыс. контейнеров в год обусловлено конфигурацией с использованием двух козловых кранов, в отличие

ТАБЛИЦА 1. Исходные данные для определения зависимостей

Показатель	Значение
<i>Коэффициенты</i>	
Коэффициент использования терминального тягача	0,75
Коэффициент использования площадки для хранения	0,75
Коэффициент использования крана	0,75
Коэффициент сорокафутовых к двадцатифутовым контейнерам	1,4
<i>Характеристика контейнеропотока</i>	
Длина контейнерного состава, м	700
Количество контейнеров в одном составе, конт.	50
<i>Характеристика терминала</i>	
Длина зоны хранения контейнеров, м	70
Время на подачу и уборку контейнерного состава, мин.	30
Ширина поперечного прохода, м	15
Ширина продольного прохода, м	20
Ширина группы в зоне хранения, м	26
Средняя скорость терминального тягача, м/мин	350
Скорость спредера крана без контейнера, м/мин	100
Скорость спредера крана с контейнером, м/мин	60
Скорость тележки крана с контейнером, м/мин	150
Скорость тележки крана без контейнера, м/мин	150
Скорость портала крана без контейнера, м/мин	190
Скорость портала крана с контейнером, м/мин	190
Время для соединения/отсоединения с прицепом тягача в зоне хранения, мин.	2
Время захвата спредером контейнера, мин.	2
Время отпускания спредером контейнера, мин.	2
<i>Экономические показатели</i>	
Капитальные затраты на квадратный метр покрытия, млн руб.	0,01
Капитальные затраты на погонный метр железнодорожного пути, млн руб.	0,05
Эксплуатационные затраты на работу козловой крана, тыс. руб./ч	15
Эксплуатационные затраты на работу терминального тягача, тыс. руб./ч	10
Капитальные затраты на терминальный тягач, млн руб.	0,7
Капитальные затраты на козловой кран, млн руб.	10

ТАБЛИЦА 2. Результаты расчета

Контейнеропоток, конт./год	Срок хранения, сутки	Количество групп контейнеров по длине зоны хранения, штук	Количество групп контейнеров по длине, штук	Количество козловых кранов, штук	Количество терминальных тягачей, штук	Капитальные вложения, млн
25 000	0,5	35	1	1	1	89,99
	1,0	30	1	1	1	89,99
	1,5	25	1	1	1	89,99
	3,0	8	1	1	1	90,41
	5,0	11	2	1	1	135,63
50 000	0,5	31	1	1	1	93,17
	1,0	19	1	1	1	93,80
	1,5	5	1	1	1	93,80
	3,0	13	3	1	1	184,43
	5,0	4	4	1	1	230,06
100 000	0,5	25	1	1	1	96,50
	1,0	19	2	1	1	143,87
	1,5	5	2	1	1	144,96
	3,0	8	5	1	1	280,76
	5,0	4	8	1	1	417,67
500 000	0,5	12	3	2	2	234,50
	1,0	6	7	2	3	420,13
	1,5	3	11	2	5	621,74
	3,0	2	25	2	9	1939,40
	5,0	1	44	2	17	2224,60

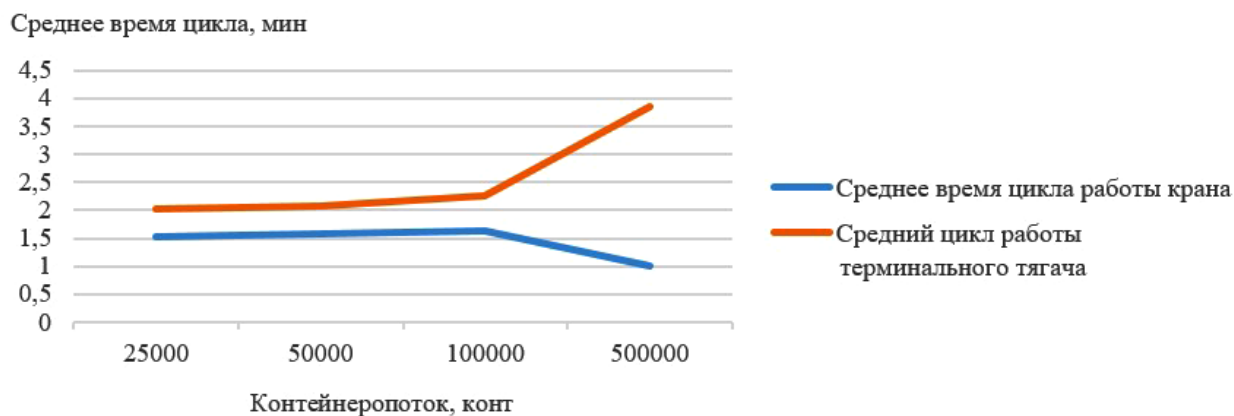


Рис. 1. Зависимость среднего времени цикла погрузочно-разгрузочных машин от контейнеропотока на терминале

от других конфигураций, в которых используется только один кран. С увеличением размера терминала увеличивается и время работы терминальных тягачей. Однако увеличение количества терминальных тягачей не влияет на продолжительность цикла, как это происходит при использовании кранов. Наиболее трудоемкой операцией является работа на железнодорожных путях на терминалах с контейнеропотоком 25 тыс. и 50 тыс. контейнеров в год, учитывая, что кранам приходится выполнять в том числе и перегрузки по прямому варианту. И наоборот, для крупных терминалов наиболее трудоемкая работа связана с внутритерминальным перемещением из-за размера терминала.

Таким образом, использование технологии хранения контейнеров на прицепах на терминалах Дирекции по управлению терминально-складским комплексом ОАО «РЖД» имеет перспективы увеличить конкурентоспособность компании на рынке контейнерных перевозок и способствует более устойчивому развитию в условиях современного бизнеса.

Однако реализация этих перспектив требует комплексного подхода и сотрудничества всех участников транспортного процесса для решения вопросов:

- наличия места для хранения контейнеров на прицепах;
- безопасности хранения контейнера на прицепе;
- юридических аспектов технологии;
- приобретения прицепов.

Библиографический список

1. Маликов О. Б., Коровяковский Е. К., Коровяковская Ю. В. Проектирование контейнерных терминалов. СПб.: Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, 2015. 52 с.
2. Кобозева Н. Г., Воронов А. А. Эффективность системы железнодорожных перевозок в условиях появления и роста частного парка: маркетинговые и операционные аспекты // Экономика устойчивого развития. 2022. № 2 (50). С. 97–99.
3. Кузьменкова В. Н., Паламарчук Г. И., Поляков В. В. Особенности и правила перевозки грузов универсальными контейнерами при смешанном сообщении // Специальная техника и технологии транспорта. 2022. № 14. С. 166–171.
4. Конограй О. А., Воронов А. А. Перспективы конверсии международных транспортно-логистических потоков и потенциал арктической транспортной инфраструктуры в транзите Китай — Европа // Экономика устойчивого развития. 2022. № 2 (50). С. 190–193. DOI: 10.37124/20799136_2022_2_50_190.
5. Разработка модели-тренажера морского порта / Е. К. Коровяковский [и др.] // Профессиональное образование, наука и инновации в XXI веке: сборник трудов XI Санкт-Петербургского конгресса (Санкт-Петербург, 23–24 ноября 2017 года). СПб.: Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, 2017. 138 с.
6. Илесалиев Д. И., Коровяковский Е. К. К вопросу о наиболее рациональном размещении грузовых терминалов // Транспорт: проблемы, идеи, перспективы: сборник трудов LXXVI Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (Санкт-Петербург, 18–25 апреля 2016 года). СПб.: Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, 2016. С. 162–166.
7. Арефьев И. Б., Коровяковский Е. К. Анализ и моделирование транспортных узлов. СПб.: издательство «ЮПИ», 2018. 228 с.
8. Малышев Н. В., Коровяковский Е. К. К вопросу роботизации тыловых контейнерных терминалов // Бюллетень результатов научных исследований. 2020. № 1. С. 15–25. DOI: 10.20295/2223-9987-2020-1-15-25.

9. ЦМ-Контейнеризация | Терминально-складские услуги // Грузовые перевозки [Электронный ресурс]. URL: <https://cargo.rzd.ru/ru/9774/page/103290?id=18632#main-header> (дата обращения: 05.07.2024).

10. Малышев Н. В. Модели и методы диспетчеризации контейнеропотока на терминалах: дисс. ... канд. техн. наук. СПб, 2022. 137 с.

11. Малышев Н. В., Бойков С. А. Математическая модель распределения заданий между

подъемно-транспортными машинами // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2022. Т. 19, № 3. С. 651–658.

Дата поступления: 29.07.2024

Решение о публикации: 16.08.2024

Контактная информация:

МАЛЫШЕВ Николай Валерьевич — канд. техн. наук, старший преподаватель; kol.pgups@mail.ru

Organization of terminal operations when storing containers on semi-trailers

N. V. Malyshev

Emperor Alexander I Petersburg State Transport University, 9, Moskovsky pr., Saint Petersburg, 190031, Russia

For citation: *Malyshev N. V.* Organization of terminal operations when storing containers on semi-trailers // Proceedings of Petersburg Transport University. 2024. Vol. 21, iss. 3. P. 575–584. (In Russian) DOI: 10.20295/1815-588X-2024-03-575-584

Abstract

Purpose: development of a method for determining the configuration of a container terminal that will help in the terminal design process to determine the number of gantry cranes, terminal trucks, and the number and location of storage areas. **Methods:** materials from open sources are used in the work. A systematic approach to the design of a container terminal is applied. **Results:** a method for determining the configuration of a container terminal is developed, the difference being the storage of a container on a semi-trailer. **Practical importance:** the developed method will allow estimation of container terminal performance and capital costs before design.

Keywords: lifting and transport machine, terminal, container transport system, rational allocation of resources

References

1. Malikov O. B., Korovyakovskij E. K., Korovyakovskaya Yu. V. Proektirovanie kontejnernih terminalov. SPb.: Peterburgskij gosudarstvennyj universitet putej soobshcheniya Imperatora Aleksandra I, 2015. 52 s. (In Russian)

2. Kobozeva N. G., Voronov A. A. Effektivnost' sistemy zheleznodorozhnyh perezovok v usloviyah pojavleniya i rosta privatnogo parka: marketingovy

i operacionnye aspekty // Ekonomika ustojchivogo razvitiya. 2022. № 2 (50). S. 97–99. (In Russian)

3. Kuz'menkova V. N., Palamarchuk G. I., Polyakov V. V. Osobennosti i pravila perezovki грузов universal'nymi kontejnerami pri smeshannom soobshchenii // Special'naya tekhnika i tekhnologii transporta. 2022. № 14. S. 166–171. (In Russian)

4. Konograj O. A., Voronov A. A. Perspektivy konversii mezhdunarodnyh transportno-logisticheskikh

potokov i potencial arkticheskoy transportnoj infrastruktury v tranzite Kitaj — Evropa // *Ekonomika ustojchivogo razvitiya*. 2022. № 2 (50). S. 190–193. DOI: 10.37124/20799136_2022_2_50_190. (In Russian)

5. Razrabotka modeli-trenazhera morskogo porta / E. K. Korovyakovskij [i dr.] // *Professional'noe obrazovanie, nauka i innovacii v XXI veke: sbornik trudov XI Sankt-Peterburgskogo kongressa (Sankt-Peterburg, 23–24 noyabrya 2017 goda)*. SPb.: Peterburgskij gosudarstvennyj universitet putej soobshcheniya Imperatora Aleksandra I, 2017. 138 s. (In Russian)

6. Ilesaliev D. I., Korovyakovskij E. K. K voprosu o naibolee racional'nom razmeshchenii gruzovyh terminalov // *Transport: problemy, idei, perspektivy: sbornik trudov LXXVI Vserossijskoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchenyh (Sankt-Peterburg, 18–25 aprelya 2016 goda)*. SPb.: Peterburgskij gosudarstvennyj universitet putej soobshcheniya Imperatora Aleksandra I, 2016. S. 162–166. (In Russian)

7. Aref'ev I. B., Korovyakovskij E. K. *Analiz i modelirovanie transportnyh uzlov*. SPb.: izdatel'stvo “YUPI”, 2018. 228 s. (In Russian)

8. Malyshev N. V., Korovyakovskij E. K. K voprosu robotizacii tylovyh kontejnernyh terminalov // *Byulleten' rezul'tatov nauchnyh issledovanij*. 2020. № 1. S. 15–25. DOI: 10.20295/2223-9987-2020-1-15-25. (In Russian)

9. CM-Kontejnerizaciya | Terminal'no-skladskie uslugi // *Gruzovye perevozki [Elektronnyj resurs]*. URL: <https://cargo.rzd.ru/ru/9774/page/103290?id=18632#main-header> (data obrashcheniya: 05.07.2024). (In Russian)

10. Malyshev N. V. *Modeli i metody dispatcherizacii kontejneropotoka na terminalah: diss. ... kand. tekhn. nauk*. SPb., 2022. 137 s. (In Russian)

11. Malyshev N. V., Bojkov S. A. *Matematicheskaya model' raspredeleniya zadaniy mezhdru pod'emno-transportnymi mashinami* // *Izvestiya Peterburgskogo universiteta putej soobshcheniya*. 2022. T. 19, № 3. S. 651–658. (In Russian)

Received: 29.07.2024

Accepted: 16.08.2024

Author's information:

Nicolay V. MALYSHEV — PhD in Engineering, Senior lecturer; kol.pgups@mail.ru