

ВЛИЯНИЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ПРОХОДОВ МЕЖДУ СТЕЛЛАЖАМИ НА ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ СКЛАДА ВОДНОГО ТРАНСПОРТА

Перевалочные склады, располагающиеся в пунктах перегрузки грузов с водного транспорта на другие, выполняют важные функции по преобразованию грузопотоков с целью дальнейшего наиболее эффективного их транспортирования. Расположение стеллажей и продольных проходов между ними имеют большое значение в работе перевалочного склада. Вопросам оптимального хранения грузов посвящено большое число работ, вместе с тем «нестандартные» схемы расположения проходов между стеллажами в научной литературе рассматриваются крайне редко, поэтому тему статьи можно признать актуальной. Как правило, стеллажи и продольные проходы располагаются перпендикулярно друг другу, в статье предлагаются варианты расположения с «евклидовым преимуществом». Вариант с криволинейным расположением проходов между стеллажами имеет как достоинства, так и ряд недостатков и имеет определенную сферу применения. При криволинейном расположении проходов происходит сокращение полезной вместимости склада, но также сокращается пробег погрузчика от погрузочно-разгрузочных участков до зоны хранения. Поиску оптимального соотношения между вместимостью и пробегом погрузчика посвящена эта статья. Сокращение пробега погрузчика при предложенных схемах достигает 18 %, однако ёмкость склада может также упасть до 9 %. Впервые в научной литературе выполнены числовые расчеты подобного склада.

Ключевые слова: склад, место хранения, показатели склада, вместимость, пробег погрузчика.

Введение

Организованная цепь поставок от производителя к конечному потребителю используется торговыми компаниями для доставки готовой продукции в нужное время в нужном количестве по низкой цене. При этом удовлетворенность потребителей является одним из наиболее важных факторов, влияющих на конкурентные преимущества компании. Например, если компания закупает сырьё в странах Азиатско-Тихоокеанского региона, а затем производит из этого сырья товары для сбыта в Европе, то ей необходимо иметь несколько типов складских помещений (перевалочные, склады торговых и промышленных предприятий) для своевременной поставки продукции. В большинстве случаев сырьё и готовая продукция доставляется водным транспортом, который является ключевым при международных перевозках грузов во всем мире [1], [2]. Склады, располагающиеся в пунктах перегрузки грузов с водного вида транспорта на другие, выполняют важные функции по преобразованию грузопотоков с целью дальнейшего наиболее эффективного транспортирования грузов. Эффективность всей цепи поставки существенно зависит от того, насколько хорошо оснащены и организованы эти промежуточные перевалочные склады на транспорте [3].

1. Применение новых схем размещения проходов стеллажей в перевалочном складе

Размеры складских помещений по всей стране увеличиваются, увеличиваются и эксплуатационные расходы на перемещения грузов в зоне хранения перевалочного склада [4] – [9]. Затраты переносятся на клиентов, которые в связи с этим зачастую завышают цены на свою продукцию. Таким образом, целью этой работы является изучение возможностей сокращения эксплуатационных расходов перегрузочного склада за счет изменения конструктивных схем расположения проходов между стеллажами на складе штучных грузов.

Как правило, стеллажи и продольные проходы в перевалочных складах тарно-штучных грузов расположены перпендикулярно друг другу, как показано на рис. 1.

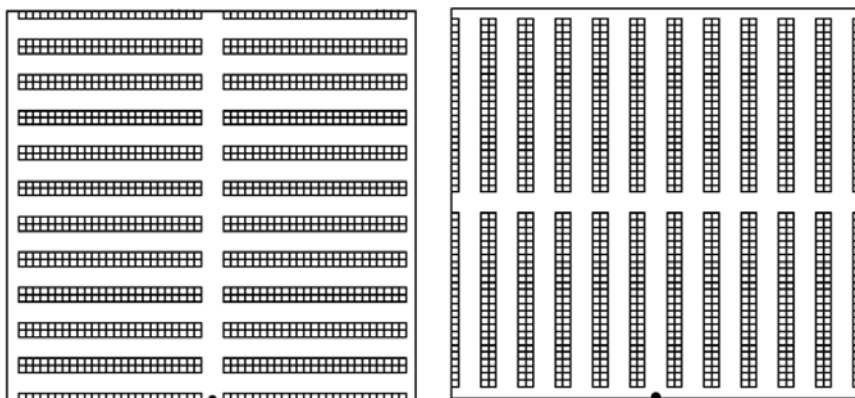


Рис. 1. Традиционные перевалочные склады, оборудованные каркасными стеллажами

Традиционное расположение стеллажей имеет свои достоинства (количество мест хранения для тарно-штучных грузов), и недостатки (недостаточная оптимизация эксплуатационных расходов, связанных с расстоянием от погрузочно-разгрузочных участков до мест хранения). Это и натолкнуло на мысль о более эффективной схеме размещения проходов и стеллажей [10]. Значительный эффект может быть получен путём радикального изменения схемы размещения проходов и стеллажей, которая была предложена зарубежными учеными. V-образный тип имеет изогнутый поперечный проход, который позволит уменьшить расстояние, проходимое за полный цикл погрузчиком от погрузочно-разгрузочного участка до мест хранения за счёт евклидова преимущества (рис. 2, а). Одним из недостатков является то, что погрузчику необходимо делать крутой поворот при входе в нижнюю часть склада. Для устранения этого недостатка стоит разместить нижнюю часть поперечно относительно основной части склада (рис. 2, б). Тем самым можно создать благоприятные условия для разворота погрузчика.

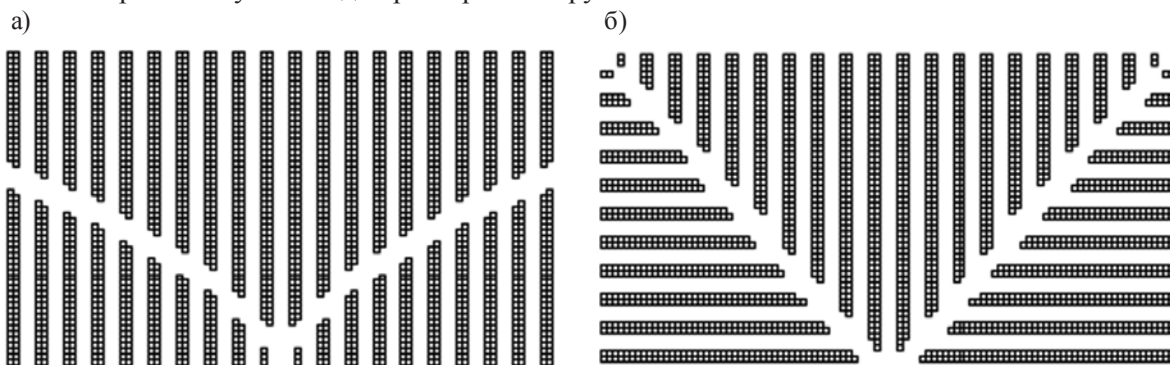


Рис. 2. Схемы расположения проходов и стеллажей:
 а — V-образное расположение проходов; б — ёлочный тип размещения стеллажей

2. Определение параметров зоны хранения перевалочного склада

При проектировании зоны хранения нужно выбрать наилучший способ складирования грузов, тип и параметры складских единиц, стеллажного оборудования. При этом необходимо обеспечить не только полное заполнение грузами, но и минимальные затраты при перемещении груза внутри склада. Ёмкость склада тарно-штучных грузов определяется по формуле

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

где x — число поддонов, располагаемое по ширине складского здания; y — число поддонов по длине стеллажей зоны хранения; z — число ярусов по высоте.

Максимальное количество стеллажей по ширине определяется по формулам:

– для традиционного склада

$$x = 2\varepsilon \left\{ \frac{B \cdot \xi_c - B_0}{B_m + 2(b + \lambda)} \right\}; \quad (2)$$

– для склада *V*-образным расположением прохода

$$x = 2\varepsilon \left\{ \frac{B \cdot \xi_c - B_0 - 2(b + \lambda) \cdot \cos \alpha}{B_m + 2(b + \lambda)} \right\}, \quad (3)$$

где 2 — количество стеллажей в секции, состоящей из двух стеллажей и прохода между ними; *B* — ширина пролёта складского здания; ξ_c — коэффициент длины стеллажей, учитывающий то обстоятельство, что часть длины склада может занимать приёмо-отправочная экспедиция (для варианта, показанного на рис. 3, *a*, в первом приближении принимается $\xi_c = 0,8$, это означает, что экспедиция занимает 20 % от длины здания; если экспедиция расположена вдоль всей длины склада со стороны подхода автотранспорта и железнодорожного транспорта, как показано на рис. 3, *б*, принимается $\xi_c = 1$); B_0 — часть ширины пролёта складского здания, которая не может быть занята стеллажами (включает ширину колонн здания, зазоры от колонны до крайнего стеллажа или выступающего из него груза и т. д.); B_m — ширина продольного прохода между стеллажами для штабелирующей машины, м; *b* — длина стандартного поддона 1200 × 800 мм, м (поддоны рекомендуется устанавливать длинной стороной 1200 мм в глубину стеллажа для получения наибольшей ёмкости склада); λ — зазор между поддонами в двухстороннем стеллаже и между поддоном и конструкцией стеллажа, м (принимается $\lambda = 0,05$); $\varepsilon\{\dots\}$ — обозначения целой части числа, получающегося в результате выполнения действий в скобках (округление в меньшую сторону целого числа).

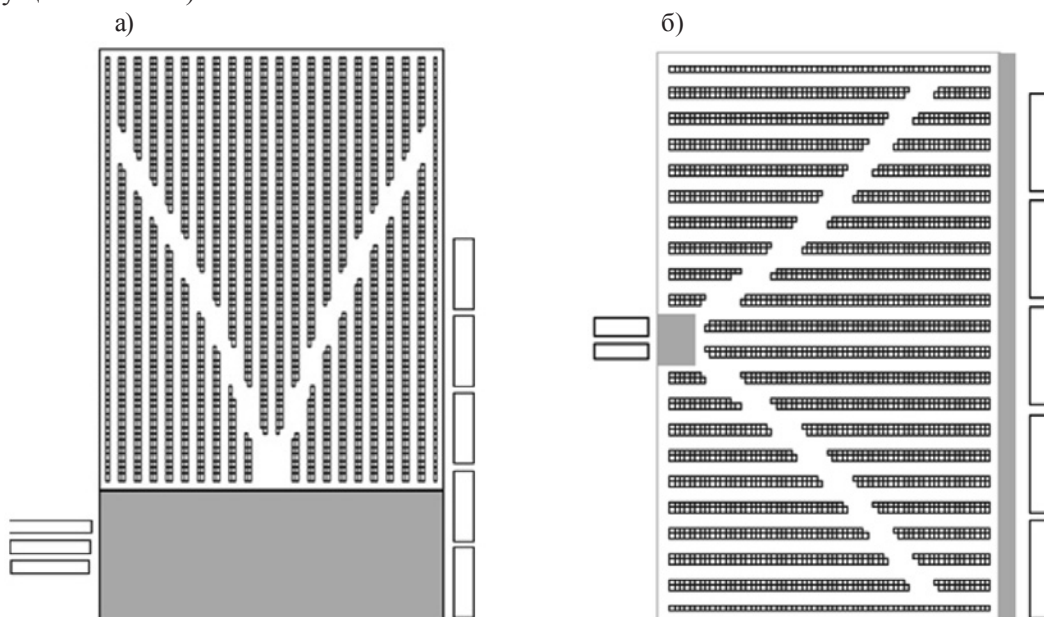


Рис. 3. Варианты расположения приёмо-отправочной экспедиции на складе:
a — в торце; *б* — вдоль склада

Количество поддонов по длине обслуживания стеллажей погрузчиком определяется по формулам:

– для традиционного склада

$$y = 3\varepsilon \left\{ \frac{L \cdot \xi_c - n_{np} \cdot B_{np}}{2,8} \right\}; \quad (4)$$

– для склада V -образным расположением прохода

$$y = 3\varepsilon \left\{ \frac{L \cdot \xi_c - B_{\text{пр}}}{2,8} \right\}, \quad (5)$$

где 3 — количество поддонов 1200×800 мм, помещающихся в стандартную ячейку длиной 2800 мм при укладках их стороной 1200 мм в глубину стеллажей (такая установка поддонов позволяет получить ёмкость стеллажей на 10 – 15 % больше по сравнению с установкой поддонов стороной 800 мм в глубину стеллажей); L — длина складского здания, м; ξ_c — коэффициент длины стеллажей, учитывающий, что часть длины склада может занимать приёмо-отправочная экспедиция (для варианта, показанного на рис. 3, а, в первом приближении принимается $\xi_c = 0,8$, это означает, что экспедиция занимает 20 % от длины здания; если экспедиция расположена вдоль всей длины склада со стороны подхода автотранспорта и железнодорожного транспорта, как показано на рис. 3, б, принимается $\xi_c = 1$); $n_{\text{пр}}$ — количество поперечных проходов по длине склада (принимается $n_{\text{пр}} = 40$ — 50 м); в случае, если поперечные проходы предусматриваются сквозь стеллажи по первым двум ярусам, $n_{\text{пр}} = 0$); $B_{\text{пр}}$ — ширина проходов по складу, м (принимается $B_{\text{пр}} = 3$ м); 2,8 м — длина ячейки стандартного каркасного стеллажа; $\varepsilon\{\dots\}$ — обозначения целой части числа, получающегося в результате выполнения действий в скобках (округление в меньшую сторону целого числа).

Количество ярусов по высоте зоны хранения для существующего складского здания определяется в зависимости от полезной высоты H и высоты транспортногo пакета по формуле

$$z = \varepsilon \left\{ \frac{H - 0,5 - C_{\text{я}}}{C_{\text{я}}} \right\} + 1, \quad (6)$$

где 0,5 — зазор между верхним грузом в стеллаже и низом ферм перекрытия (используется для установки трубопроводов, устройств освещения и т. д.); $C_{\text{я}}$ — высота яруса, м, определяется по формуле $C_{\text{я}} = 0,15 + c + e$ (где 0,15 м — высота плоского деревянного двухнастильного поддона; c — высота укладки груза на поддон; e — размер по высоте, равный толщине продольной балки каркасного стеллажа и зазор между грузом и низом этой балки следующего яруса по высоте $e = 0,2 - 0,3$ м); 1 — дополнительный верхний ярус.

Расчёт параметров зоны хранения для схем с ёлочным расположением стеллажей рассчитывается аналогично, как традиционный склад, который образует две прямоугольных фигуры с длиной L и шириной $B/2$. На основании расчётов параметров зоны хранения был разработан параметрический ряд перевалочного склада, в котором применены современные складские и подъёмно-транспортные оборудования. При применении схемы с V -образным расположением проходов процент потери мест хранения варьируются от 2 % до 5 % — в зависимости от габаритов перевалочного склада. При применении ёлочного типа размещения стеллажей ёмкость зоны хранения перевалочного склада сокращаются от 4 % до 9 %.

3. Определение пробега погрузчика

На рис. 4 пунктирной линией обозначено евклидово расстояние, а сплошная линия характеризует «манхэттенское».

В данном исследовании рассматриваются только горизонтальные перемещения по складу, не учитывается необходимость вертикального подъёма вилок погрузчика. Длина пути, проходимого погрузчиком от погрузочно-разгрузочного участка до мест хранения груза, определяется по формуле, предложенной Германом Минковским,

$$d_i(x, y) = \left[\sum_{i=1}^n |x_i - y_i|^q \right]^{\frac{1}{q}}, \quad (7)$$

где $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$; $y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$ — векторы перемещения погрузчика.

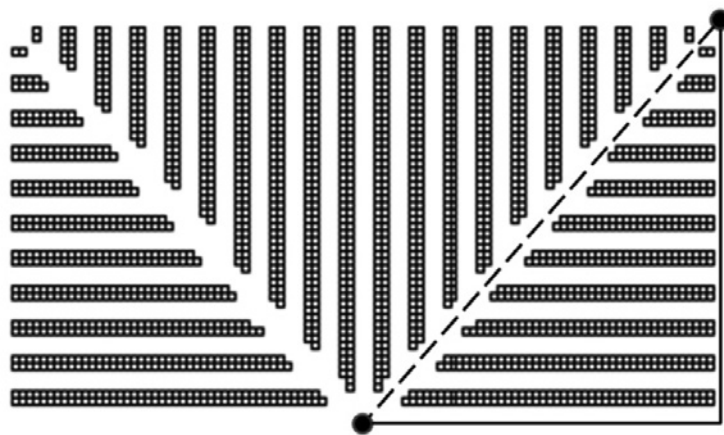


Рис. 4. Вектор перемещения погрузчика по складу

В указанное семейство расстояний входит:

– при $q = 1$ — «манхэттенское» расстояние;

– при $q = 2$ — евклидово расстояние.

Например, для евклидова расстояния, формула выглядит следующим образом

$$d_i(x, y) = \sqrt{(x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}. \quad (8)$$

Для «манхэттенского» расстояния

$$d_i(x, y) = |x_1 - y_1| + |x_2 - y_2| = \sum_{i=1}^n |x_i - y_i|. \quad (9)$$

4. Определение вероятности спроса с помощью ABC-анализа

На сегодняшний день во многих источниках литературы описаны способы организации размещения товара с применением ABC-анализа. Этот метод можно применить для зоны основного хранения на перевалочном складе в случае неперпендикулярного размещения проходов между стеллажами. Местам хранения грузов присваивается категория ABC на основе удобства размещения в зоне хранения. Другими словами, если зона хранения грузов находится в удобном месте и недалеко от погрузочно-разгрузочных участков, ей присваивается категория А, и наоборот, если зона хранения грузов находится в удаленном месте, ей присваивается категория С (рис. 5).

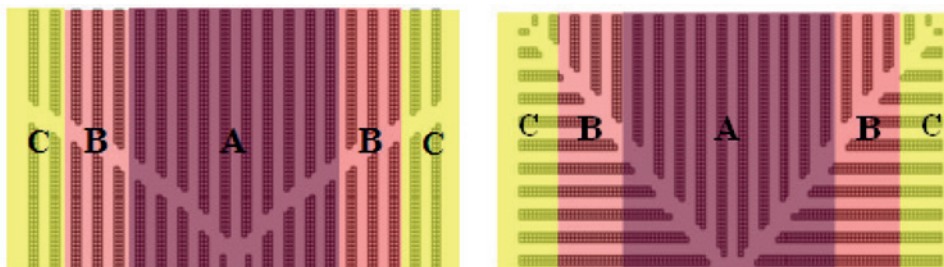


Рис. 5. Деление зоны хранения склада на основе ABC-анализа

5. Математическая модель определения пробега погрузчика по складу

$$D = 2 \sum_{i=1}^N d_i p_i, \quad (10)$$

где N — места, выделенные от общей ёмкости R хранения для размещения/извлечения тарноштучного груза; 2 — коэффициент, учитывающий необходимость движения погрузчика в обрат-

ном направлении; d_i — длина пути, проходимого погрузчиком от мест погрузки и разгрузки до мест основного хранения; p_i — вероятность посещения погрузчиком определенных мест хранения.

Проценты сокращения пробега погрузчика приведены на рис. 6.

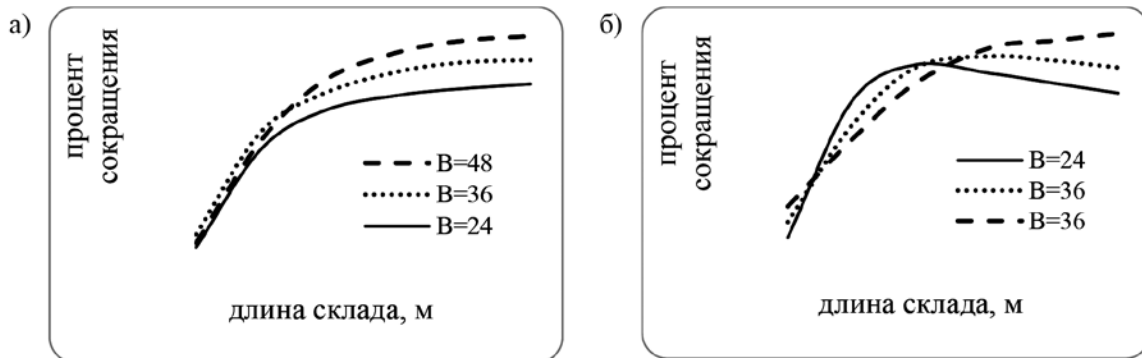


Рис. 6. Проценты сокращения пробега погрузчика:
 а — для схемы с V-образным расположением проходов между стеллажами;
 б — для схемы с ёлочным размещением проходов между стеллажами

6. Техничко-экономические расчёты

При проектировании реконструкции существующего склада после определения его возможной ёмкости R , количество поддонов, определяют перерабатывающую способность с учётом изменения схемы расположения проходов между стеллажами (годовой грузопоток в поддонах) перевалочного склада

$$Q_r = R \cdot \frac{365}{\tau}, \quad (11)$$

где τ — средний срок хранения грузов на складе.

Оборачиваемость грузов на складе

$$\eta = \frac{365}{\tau}. \quad (12)$$

Расходы на содержание стеллажей в зоне хранения \mathcal{E}_c , тыс. руб., определяется по формуле

$$\mathcal{E}_c = R \cdot S_c \cdot (2\% + 10\% + 2,2\%), \quad (13)$$

где S_c — удельная стоимость стеллажей в расчёте на один хранящийся поддон, тыс. руб.; 2 % — норма амортизационных отчислений за год на полное восстановление и капитальный ремонт стеллажей; 10 % — норма отчислений на текущие ремонты стеллажей; 2,2 % — ставка налога на имущество.

Расчет расходов на электроэнергию для силовых электродвигателей \mathcal{E}_3 , тыс. руб., может быть произведен по формуле

$$\mathcal{E}_3 = q_3 \cdot S_3 \cdot l_{\text{факт}} \cdot 10^{-3}, \quad (14)$$

где q_3 — расход электроэнергии на один км ($q_3 = 0,19$ кВт/км); S_3 — стоимость 1 кВт·ч силовой электроэнергии, руб.; $l_{\text{факт}}$ — фактическое среднее расстояние, пройденное подъёмно-транспортным оборудованием в течение года $l_{\text{факт}} = Q_r \cdot 0,5 \cdot (l_{\text{max}} - l_{\text{min}})$; 10^{-3} — пересчёт м в км;

Выводы

Проектирование перевалочного склада является сложной задачей и не всегда может разрабатываться по типовому проекту. Предложенные варианты кардинального изменения зоны хранения склада имеют свои положительные и отрицательные стороны.

1. При применении V-образного расположения проходов снижение полезной ёмкости склада достигает 2 – 5 % в зависимости от габаритов перевалочного склада. При выборе ёлочного типа

размещения стеллажей, полезная вместимость при том же внутреннем объеме склада сокращается на 4 – 9 %.

2. Процент сокращения пробега погрузчика при *V*-образной схеме размещения проходов между стеллажами достигает 10 – 12 %, а ёлочный тип размещения стеллажей приносит до 18 % сокращения пробега погрузчика по складу.

3. По произведенным технико-экономическим расчётам для перевалочного склада со сроком хранения 2 – 5 дней новые типы конструкции обеспечивают эффективную перегрузку в цепи поставок. Для складов промышленных или торговых предприятий со сроком хранения от 10 до 15 суток, где основной доход приносит аренда склада для хранения грузов, новые конструкции убыточны.

В дальнейших исследованиях в этом направлении необходимо проанализировать работу перевалочного склада при совмещении нескольких операций (размещение груза в стеллажах по прибытию и извлечение со стеллажей для дальнейшего отправления).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пушкарева Л. В. Анализ и прогноз грузовых перевозок морским транспортом России / Л. В. Пушкарева // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2014. — № 6. — С. 173–178.

2. Абрамова В. Н. Состояние и перспективы развития морского и внутреннего водного транспорта России / В. Н. Абрамова, М. В. Ботнарюк // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2014. — № 1. — С. 114–120.

3. Маликов О. Б. Перевозки и складирование товаров в цепях поставок: монография / О. Б. Маликов. — М.: ФГБОУ Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2014.

4. Маликов О. Б. О комплексном проектировании складов / О. Б. Маликов // Логистика. — 2014. — № 2. — С. 20–22.

5. Коровяковский Е. К. Моделирование работы склада в цепи поставок / Е. К. Коровяковский, Ю. Н. Панова // Анализ и прогнозирование систем управления в промышленности и на транспорте: тр. XV междунар. науч.-практ. конф. молодых учёных, студентов и аспирантов. — СПб.: Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 2013. — С. 417–428.

6. Коровяковская Ю. В. Складские комплексы как элементы логистической цепи / Ю. В. Коровяковская, О. Б. Маликов // Вестник инженеров-электромехаников железнодорожного транспорта. — 2003. — № 1. — С. 222–224.

7. Толмачев К. С. Повышение эффективности автоматизированной сортировки на складе / К. С. Толмачев // Логистика. — 2014. — № 8. — С. 30–34.

8. Пилипчук С. Ф. О проектировании склада штучных грузов / С. Ф. Пилипчук, А. Е. Радаев // Логистика и управление цепями поставок. — 2010. — № 4. — С. 21–33.

9. Пилипчук С. Ф. Определение потребной вместимости склада / С. Ф. Пилипчук, А. Е. Радаев // Логистика и управление цепями поставок. — 2012. — № 5. — С. 19–25.

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

THE IMPACT OF AISLES DISPOSAL IN THE STORAGE AREA ON WATER TRANSPORT WAREHOUSE'S PARAMETERS

There are several important functions produced in the warehouses, located in terminals connecting water and other modes of transport. Location schemes of racks and aisles between them in storage area has a great importance in the operation of warehouse. Many scientific publications are related to the questions of optimal storing of cargoes, but non-standard schemes of aisles location in scientific literature are shown rarely. Due to this the topic of this article is relevant. Ordinary racks and aisles are disposed athwart, in the article different variants of disposal with "euclidian advantage" are proposed. Such a variant of aisles disposal has positive and negative sides and has the limited shere of operation. With using of non-standard aisles disposal system capacity of the warehouse is reduced. But loader race is also declining from loading-unloading area to storage area. The aim

of this article is to find optimal correlation between capacity and loader race. Loader race reduced upto 18% and capacity of the warehouse is also declining upto 9% with using schemes proposed in the article. Calculations of such an warehouse were conducted in scientific literature in the first time.

Keywords: warehouse, storage area, the parameters of the warehouse, capacity, loader race.

REFERENCES

1. Pushkareva, Lyudmila Vasilevna. "The analysis and the forecast of freight transportation by sea transport Russia." *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova* 6 (2014): 173–178.
2. Abramova, Valentina Nikolaevna. "State and prospects of development of sea and inland water transport of Russia." *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova* 1 (2014): 114–120.
3. Malikov, Oleg Borisovich. *Perevozki i skladirovanie tovarov v tsepyakh postavok: monografiya*. M.: Uchebno-metodicheskiy tsentr po obrazovaniyu na zheleznodorozhnom transporte, 2014.
4. Malikov, Oleg Borisovich. "O kompleksnom proektirovanii skladov." *Logistika* 2 (2014): 20–22.
5. Korovyakovskiy, Evgeniy Konstantinovich, and Yu. N. Panova. "Modelirovanie raboty sklada v tsepi postavok" *Analiz i prognozirovanie sistem upravleniya v promyshlennosti i na transporte: trudy XV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii molodyh uchjonyh, studentov i aspirantov*. SPb: Peterburgskiy gos. un-t putej soobshheniya, 2013: 416–427.
6. Korovyakovskaya, Yuliya Vladimirovna, and O. B. Malikov. "Skladskie komplekсы как elementy logisticheskoy tsepi." *Vestnik inzhenerov-elektromekhanikov zheleznodorozhnogo transporta* 1 (2003): 222–224.
7. Tolmachev, Kirill Sergeevich. "Povyshenie effektivnosti avtomatizirovannoy sortirovki na sklade." *Logistika* 8 (2014): 30–34.
8. Pilipchuk, Sergey Fedorovich, and A. E. Radaev. "O proektirovanii sklada shtuchnykh грузов." *Logistika i upravlenie tsepyami postavok* 4 (2010): 21–33.
9. Pilipchuk Sergey Fedorovich, and A. E. Radaev. "Opredelenie potrebnoy vmestimosti sklada." *Logistika i upravlenie tsepyami postavok* 5 (2012): 19–25.
10. Ilesaliev, Daurenbek Ikhtiyarovich. "Ispol'zovanie razlichnykh skhem raspolozheniya prokhodov sklada tarно-shtuchnykh грузов." *Logistika: sovremennyye tendentsii razvitiya* 1 (2015): 174–176.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Илесалиев Дауренбек Ихтиярович —
 аспирант.
 ФГБОУ ВПО ПГУПС
ilesaliev@mail.ru
 Коровяковский Евгений Константинович —
 кандидат технических наук, доцент.
 ФГБОУ ВПО ПГУПС
ekorsky@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Ilesaliev Daurenbek Ikhtiyarovich —
 postgraduate.
 Petersburg State Transport University
ilesaliev@mail.ru
 Korovyakovskiy Evgeniy Konstantinovich —
 Candidate of Engineering, associate professor.
 Petersburg State Transport University
ekorsky@mail.ru

УДК 656.1

С. С. Павленко

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МОРСКИХ И ТЫЛОВЫХ КОНТЕЙНЕРНЫХ ТЕРМИНАЛОВ

Статья посвящена вопросам технологического взаимодействия морских и тыловых контейнерных терминалов в рамках планирования работы наземных сетей грузораспределения. Основной задачей исследования получение необходимых сведений об уровне технологического взаимодействия морского и ты-