

УДК 656.073

## К ВОПРОСУ О СХЕМЕ РАЗМЕЩЕНИЯ СТЕЛЛАЖЕЙ НА СКЛАДЕ

Илесалиев Д.И.

Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта, Ташкент, Узбекистан

Показано влияние размещения стеллажей на складах на сокращение эксплуатационных затрат. Методы исследования базируются на анализе существующих способов проектирования склада тарно-штучных грузов. Предлагается радикальное изменение схем размещения стеллажей на складе с «евклидовым преимуществом».

**Ключевые слова:** склад, участок хранения, тарно-штучный груз, погрузчик, погрузочно-разгрузочный участок, поддон.

**DOI:** 10.22281/2413-9920-2017-03-01-99-106

**Введение.** Склады играют большую роль в сетях доставки грузов от мест производства до конечных потребителей, являясь системообразующими элементами этих сетей [5, 6, 8, 18]. При проектировании участка хранения складов одним из основных вопросов является обоснованный выбор величины вместимости склада, поскольку от этого зависят все остальные технические решения [7, 9, 11-13, 15-17, 19, 21, 22]. При проектировании зоны хранения нужно выбрать рациональный способ складирования грузов, тип и параметры стеллажного оборудования. При этом рациональный способ складирования – такой, при котором обеспечивается наиболее полное заполнение зоны хранения и минимальное перемещения груза [1-4, 10, 14, 20, 23-26].

**1. Перемещения погрузчиков.** Склады не единственные места, где осуществляется движение материальных потоков. Например, дорожная сеть города и городской транспорт формируется как единая система. Её структура определяется размерами города, а задача исходит из необходимости установления взаимосвязей между различными частями города. Решения этих задач направлены на обеспечение наименьших затрат времени на доступность мест отдыха, общественных центров и других основных мест тяготения. Установление кратчайшей связи между ними – главная цель градостроения. Оценка решений по степени взаимосогласованности планировочной и транспортной составляющих ведется на основе системы критериев – показателей затрат времени на передвижения, средней длины поездки и др.

Важной характеристикой формирования дорожной сети является схема её структурного строения. Разновидности таких схем можно свести к прямоугольной (рис. 1, а) и радиальной (рис. 1, б) структуре.

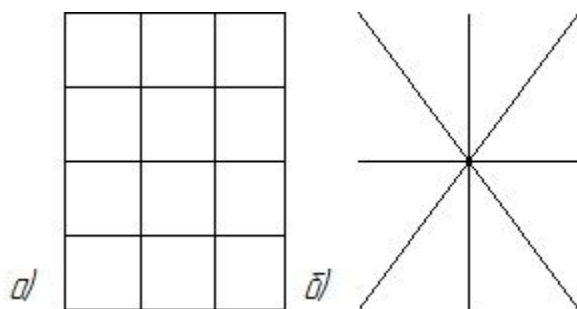


Рис. 1. Схема построения уличных сетей: а – прямоугольная; б - радиальная

Прямоугольную структуру иногда называют расстоянием городских кварталов, манхэттенским расстоянием или метрикой прямоугольного города. В процессе развития городов и улучшений условий функционирования каждой из схем нередко происходит путём включения в её транспортную структуру элементов других схем. Так, прямоугольные схемы получают диагональные направления, что позволит сокращать среднюю дальность передвижений за счет «евклидова преимущества» (рис. 2).

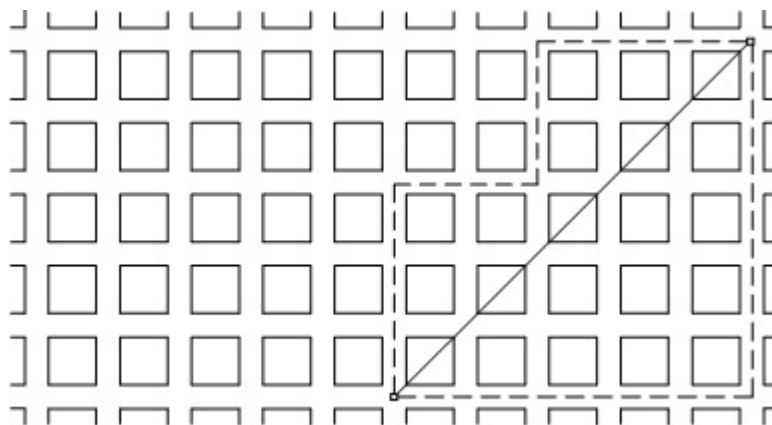


Рис. 2. Пример прямоугольной схемы с диагональными направлениями

В метрике городских кварталов длины пунктирных линий  $L$  равны между собой. В геометрии Евклида сплошная линия имеет длину  $L/\sqrt{2}$  и представляет собой единственный кратчайший путь.

Расстояние на складе  $d_i$ , проходимое погрузчиком от погрузочно-разгрузочного участка до мест хранения тарно-штучного груза, можно определить по формуле Г. Минковского:

$$d_i = \left[ \sum_{k=1}^n |x_k - y_k|^q \right]^{\frac{1}{q}}. \quad (1)$$

В вышеуказанное семейство расстояний входит:

- при  $q = 1$  – «манхэттенское расстояние»;
- при  $q = 2$  – расстояние Евклида.

Например, для евклидова расстояния формула выглядит следующим образом:

$$d_i(x, y) = \sqrt{\sum_{k=1}^n (x_k - y_k)^2} = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}. \quad (2)$$

Для манхэттенского расстояния расстояние определяется следующей формулой:

$$d_i(x, y) = \sum_{k=1}^n |x_k - y_k| = |x_1 - x_2| + |y_1 - y_2|. \quad (3)$$

**2. Размещение стеллажей и проходов.** Как правило, стеллажи и проходы в складах тарно-штучных грузов расположены перпендикулярно друг другу, как показано на рис. 3.

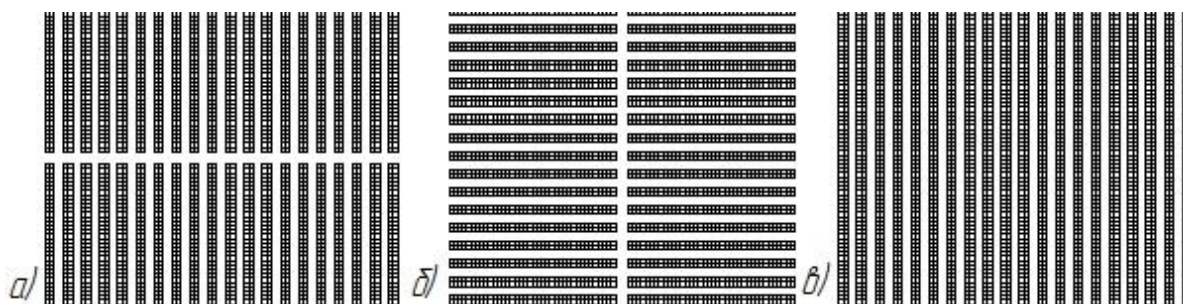


Рис. 3. Традиционные склады, оборудованные каркасными стеллажами

Традиционное расположение стеллажей имеет свои достоинства в численности мест, предназначенных для хранения грузов, но также имеет и недостатки вследствие увеличения эксплуатационных расходов, связанных с расстоянием передвижения погрузочно-разгрузочных машин от мест погрузки и разгрузки до мест хранения. В литературе отсутствует обос-

нование того, что именно такой подход расположения стеллажей и проходов является эффективным для зоны хранения склада.

Прямоугольные схемы можно совершенствовать путём включения элементов других схем. Значительный эффект повышения эффективности работы может быть получен радикальным изменением схемы расположения, которое было предложено в [23-26]. *V*-образная схема размещения проходов имеет изогнутый поперечный проход, который позволяет уменьшить расстояние, проходимое за полный цикл подъёмно-транспортного оборудования от мест погрузочно-разгрузочного участка до мест хранения грузов за счёт «евклидова преимущества» (рис. 4, а). Одним из недостатков такой схемы является то, что подъёмно-транспортному оборудованию необходимо с крутым углом поворота разворачиваться при входе в нижнюю часть склада. Для устранения этого недостатка стоит развернуть нижнюю часть поперечно относительно основной части склада (рис. 4, б). Тем самым можно создать благоприятные условия для разворота при перемещении погрузчика до мест хранения тарно-штучных грузов.

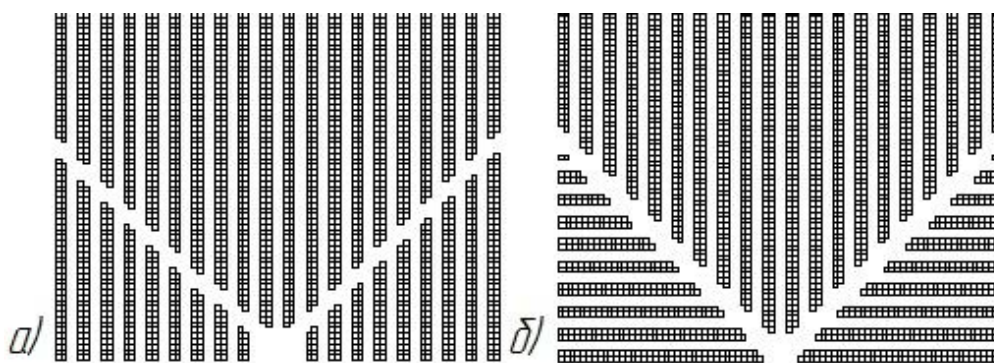


Рис. 4. Схемы расположения проходов среди стеллажей: а - *V*-образная; б - ёлочная

Создающие предпосылки для определенного выравнивания распределения передвижения грузопотоков в зоне хранения склада можно модифицировать предложенные схемы, как, например, на рис. 5 и 6.

Во всех приведенных схемах есть свои недостатки, но общий их недостаток - это сокращение вместимости зоны хранения склада.

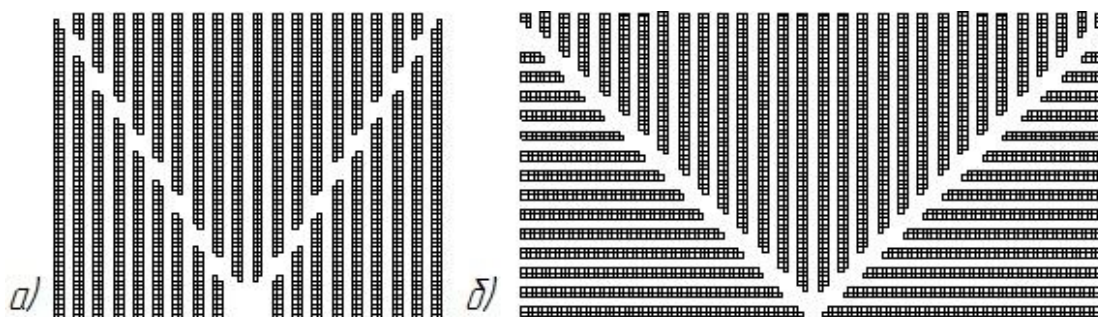


Рис. 5. II вариант схем расположения проходов среди стеллажей:  
а - *V*-образная; б - ёлочная.

Процент сокращения полного цикла пробега погрузчика от мест погрузки и разгрузки до мест основного хранения и обратно можно определить по формуле

$$D = 2 \sum_{i=1}^{i=N} d_i p_i, \quad (4)$$

где  $N$  – количество мест, выделенных из общей ёмкости  $R$  хранения;  $d_i$  – расстояние, проходимое погрузчиком от мест погрузки-разгрузки до мест хранения;  $p_i$  – вероятность обслуживания погрузчиком конкретного места хранения тарно-штучного груза.

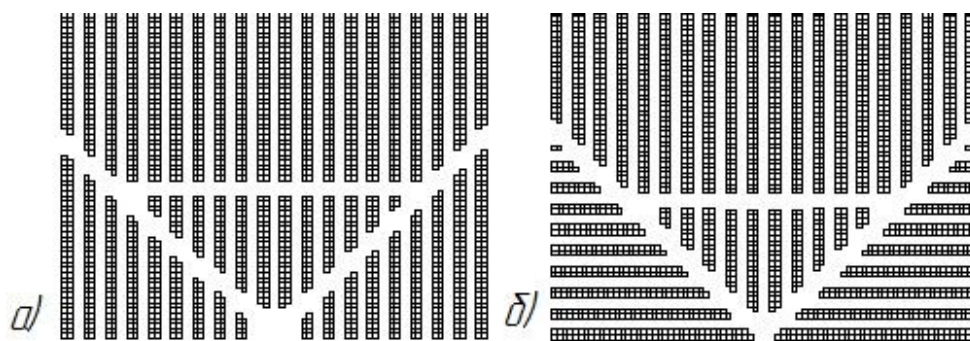


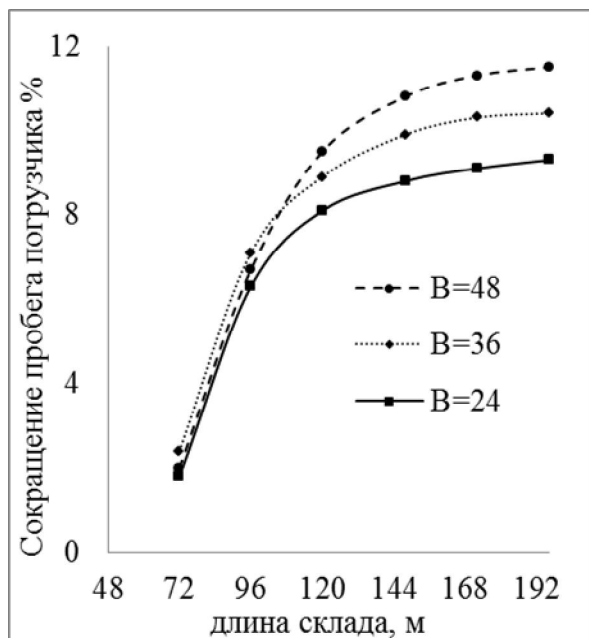
Рис. 6. III вариант схем расположения проходов среди стеллажей:

а - V-образная; б - ёлочная.

Во всех схемах есть свои недостатки, но общий недостаток это сокращение вместимости зоны хранения склада.

Результаты исследования сокращения пробега погрузчика приведены на рис. 7.

а)



б)

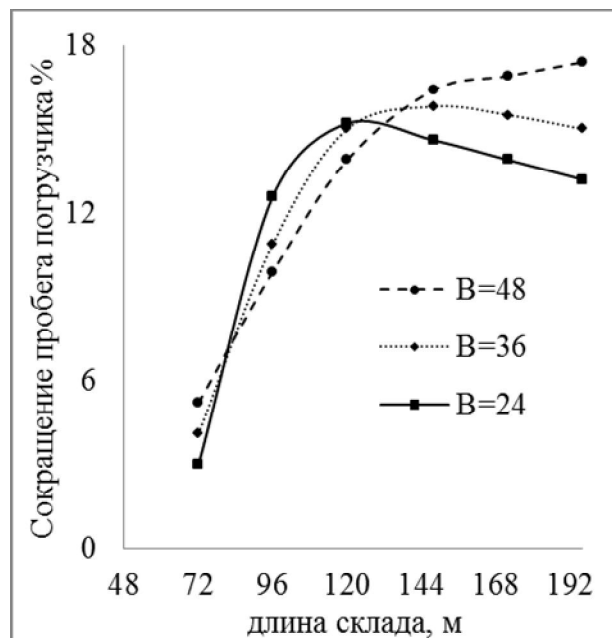


Рис. 7. Процент сокращения пробега погрузчика для склада:

а - с V-образным расположением прохода; б - с ёлочным расположением стеллажей

Процент сокращения пробега погрузчика для схем типа V-образного расположения проходов достигает 10...12%, а ёлочный тип дополнительно приносит до 18% сокращения пробега погрузчика.

Проектирование 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 и в дальнейших исследованиях в этом направлении необходимо:

- произвести технико-экономические расчёты для перевалочного склада со сроком хранения от 2-5 дней;

- произвести технико-экономические расчёты для складов промышленных или торговых предприятий со сроком хранения от 10 до 15 суток, где основной доход приносит ёмкость хранения грузов и поэтому предложенные схемы могут быть убыточны.

- проанализировать работу склада при двойной операции (размещение груза в стеллажи по прибытию и извлечение для дальнейшего отправления);
- обосновать взаимосвязи между параметрами склада в виде математических моделей;
- разработать методику выбора схемы размещения стеллажей и проходов;
- разработать параметрический ряд перевалочных складов для предлагаемых вариантов схем размещения стеллажей и проходов.

### Список литературы

1. Григоренко, В.М. Доменный метод размещения штучных грузов в современных складах / В.М. Григоренко // Вестник ИНЖЭКОН. Серия: Экономика. – 2010. – №. 4. – С.21-33.
2. Григоренко, В.М. Оптимизация размещения штучных грузов в складах стеллажного хранения по «методу Griko» / В.М. Григоренко // Логистика: современные тенденции развития: материалы XIV Междунар. науч.-прак. конф., 9-10 апреля 2015 г. / отв. ред. В.С. Лукинский. – СПб.: ГУМРФ им. адмирала С.О. Макарова, 2015. – С. 132-133.
3. 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 им. адмирала С.О. Макарова. – 2015. – № 6 (34). – С. 52-59.
4. Илесалиев, Д.И. Использование различных схем расположения проходов склада тарно-штучных грузов / Д.И. Илесалиев // Логистика: современные тенденции развития: материалы XIV Междунар. науч.-прак. конф., 9-10 апреля 2015 г. / отв. ред. В.С. Лукинский. – СПб.: ГУМРФ им. адмирала С.О. Макарова, 2015. – С. 174-176.
5. Илесалиев, Д.И. Обоснование проекта сети терминалов тарно-штучных грузов / Д.И. Илесалиев // Научно-технических вестник Брянского государственного университета. – 2016. – № 4 – С. 110-117.
6. Коровяковская, Ю.В. Складские комплексы как элементы логистической цепи / Ю.В. Коровяковская, О.Б. Маликов // Вестник инженеров электромехаников железнодорожного транспорта. – 2003. - № 3. – С. 222–224.
7. Коровяковская, Ю.В. Вместимость и перерабатывающая способность складов штучных грузов на железнодорожном транспорте: дисс. канд. техн. наук: 05.22.08 / Коровяковская Юлия Владимировна. – СПб, 2004. – 165 с.
8. 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. – 2013. – С. 416-427.
9. Кузнецов, А.Л. Расчёт вместимости портового склада с учётом неравномерности работы смежного транспорта / А.Л. Кузнецов, В.А. Погодин, Я.Б. Спасский // Эксплуатация морского транспорта. – 2010. – № 4. – С. 3-9.
10. Куспеков, К.А. Моделирование маршрута перемещения штучных грузов в автоматизированных складах кратчайшими связывающими линиями / К.А. Куспеков // Вестник Сибирского государственной автомобильно-дорожной академии. – 2012. – № 6(28). – С. 106-108.
11. Лобанов, Н.Б. Методика расчёта потребности в складских площадях / Н.Б. Лобанов // Транспорт Российской Федерации. – 2007. – № 1(54). – С. 6-9.
12. Маликов, О.Б. Электропогрузчики. Расчёт ширины рабочего коридора / О.Б. Маликов // Логистика. – 2015. – № 2(99). – С. 28-31.
13. Маликов, О.Б., О комплексном проектировании складов / О.Б. Маликов // Логистика. – 2014. – № 2 (87). – С. 20-22.
14. Мамед-Заде, Н.А. Оптимальное размещения товарных позиций на складе / Н.А. Мамед-Заде // Интегрированная логистика. – 2011. – № 3. – С. 16-21.
15. Пилипчук, С.Ф. О проектировании склада штучных грузов / С.Ф. Пилипчук, А.Е. Радаев // Логистика и управление цепями поставок. – 2010. – № 4. – С. 21-33.

16. Пилипчук, С.Ф. Определение потребной вместимости склада / С.Ф. Пилипчук, А.Е. Радаев // *Логистика и управление цепями поставок*. – 2012. – № 5 (52). – С. 19-25.
17. Прокофьева, О.С. Особенности проектирования современного складского комплекса // О.С. Прокофьева, Д.С. Фадеев, С.Л. Чикалина // *Вестник Иркутского государственного технического университета*. – 2013. – № 8(79). – С.126-130.
18. Резер, С.М. Склады и логистические центры для тарно-упаковочных грузов за рубежом / С.М. Резер, В.И. Тиверовский // *Вестник транспорта*, 2006. – № 5. – С.17-21.
19. Терентьев, П.А. Метод эскизного проектирования складских комплексов / П.А. Терентьев // *Логистика*. – 2011. – № 8(61). – С. 14-17.
20. Толмачев, К.С. Повышение эффективности автоматизированной сортировки на складе // *Логистика*. – 2014. – № 8 (93). – С. 30-34.
21. Ширяев, С.А. Алгоритм проектирования рациональных зон хранения товаров на складе по их дополнительным параметрам / С.А. Ширяев, В.В. Горина, С.А. Кашеев // *Энерго- и ресурсосбережение: промышленность и транспорт*. – 2015. – № 4(162). – С. 98-100.
22. Ширяев, С.А. Совершенствование организации зон хранения индивидуальных заказов керамической плитки / С.А. Ширяев, В.В. Горина, С.А. Кашеев // *Энерго- и ресурсосбережение: промышленность и транспорт*. – 2014. – № 19(146). – С. 86-88.
23. Gue, K.R. Aisle Configurations for Unit-Load Warehouses / K.R. Gue, R.D. Meller // *IIE Transactions*. – 2009. № 3. – P. 171-182.
24. Gue, K.R. A unit-load warehouse with multiple pickup and deposit points and nontraditional aisles / K.R. Gue, G. Ivanovic, R.D. Meller // *Transportation Research Part E*. – 2012. – №48. – P. 795-806.
25. Ozturkoglu, O. Optimal Unit-Load Warehouse Designs for Single-Command Operations / O. Ozturkoglu, K.R. Gue, R.D. Meller // *IIE Transactions*. – 2012. - № 44. – С. 459-475.
26. Pohl, L.M. Optimizaing fishbone aisles for dual-command operations in a warehouse / L.M. Pohl, R.D. Meller, K.R. Gue // *Naval Research Logistics*. – 2009. - №56. – P. 389-403.

#### **Сведения об авторе**

Илесалиев Дауренбек Ихтиярович – кандидат технических наук, ассистент кафедры «Транспортная логистика и сервис» Ташкентского института инженеров железнодорожного транспорта, *ilesaliev@mail.ru*.

## **TO THE QUESTION ABOUT THE LAYOUT OF THE RACKS IN THE WAREHOUSE**

Ilesaliev D.I.

Tashkent institute of railway engineering, Tashkent, Uzbekistan

Warehouses, which are located at points of transshipment of cargo from one type of transport on the other, play a significant role in the transformation of cargo to further the most effective transportation of goods. The location of racks and longitudinal passages are important in the work of transshipment warehouse. Typically, racks and longitudinal passages are perpendicular to each other, the article proposes a radical change with the "euclidean advantage". This is another way of designing warehouses for efficiency overload packaged cargo in the supply chain. Purpose is to reduce the mileage for one cycle of the loader from loading and unloading areas to storage areas.

**Keywords:** *warehouse, storage place, unitized load, loader, loading and unloading phase, the parameters of the warehouse, pallet.*

**DOI:** 10.22281/2413-9920-2017-03-01-99-106

## References

1. Grigorenko V.M. The blast furnace method of placement of piece goods in modern warehouses. *Vestnik INZHEHKON. Seriya: Ekonomika*, 2010, No.4, pp. 21-33.
2. Grigorenko V.M. Optimizing the placement of piece goods in warehouses for shelf storage "Method Griko». *Logistika: sovremennye tendentsii razvitiya: Materialy XIV Mezhdunar. nauch.-prak. konf., 9-10 aprelya 2015 g.* Saint-Petersburg, GUMRF imeni admirala S.O. Makarova, 2015, pp. 132-133.
3. Ilesaliev D.I, Korovyakovsky 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, No. 6 (34), pp. 52-59.
4. 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.* Saint-Petersburg, GUMRF imeni admirala S.O. Makarova, 2015, pp. 174-176.
5. Ilesaliev D.I. Justification of the project network terminal piece cargoes. *Nauchno-tekhnicheskikh vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2016, No. 4, pp. 110-117.
6. Korovyakovsky Yu.V, Malikov O.B. Warehouse complexes as a supply chain elements. *Vestnik inzhenerov elektromekhanikov zheleznodorozhnogo transporta*, 2003, No. 1, pp. 222 - 224.
7. Korovyakovsky Yu.V. Vmestimost i pererabatyvayushchaya sposobnost skladov shtuchnykh gruzov na zheleznodorozhnom transporte: Cand. Diss. (Engineering). SPb, 2004. 165 p.
8. Korovyakovsky E.K, Panova Y.N. Simulation of the warehouse in the supply chain. *Analiz i prognozirovaniye sistem upravleniya v promyshlennosti i na transporte*, 2013, pp. 416-427.
9. Kuznetsov A.L., Pogodin V.A., Spassky Ya.B. The calculation capacity of the port warehouse, taking into account the uneven operation of the adjacent vehicles. *Ekspluatatsiya morskogo transporta*, 2010, No. 4, pp. 3-9.
10. Kuspekov K.A. Modeling Route move unit loads in automated warehouses shortest connecting lines. *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennoy avtomobilno-dorozhnoy akademii*, 2012, No. 6 (28), pp. 106-108.
11. Lobanov N.B. The methodology of calculation of the need for storage space. *Transport Rossiyskoy Federatsii*, 2007, No. 1 (54), pp. 6-9.
12. Malikov O.B. Electric. Calculation of the working width of the corridor. *Logistika*, 2015, No. 2 (99), pp. 28-31.
13. Malikov O.B. On the comprehensive design warehouse. *Logistika*, 2014, No. 2 (87), pp. 20-22.
14. Mamed-Zade N.A. Optimal placement of headings in stock. *Integrirovannaya logistika*, 2011, No. 3, pp. 16-21.
15. Pilipchuk S.F., Radaev A.E. On the design of the warehouse unit loads. *Logistika i upravlenie tsepyami postavok*, 2010, No. 4, pp. 21-33.
16. Pilipchuk S.F., Radaev A.E. Determination of required storage capacity. *Logistika i upravlenie tsepyami postavok*, 2012, No. 5 (52), pp. 19-25.
17. Prokofeva O.S., Fadeev D.S., Chikalina S.L. Design features of a modern warehouse. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2013, No. 8(79), pp. 126-130.
18. Reser S.M, Tiverovsky V.I. Warehouses and logistics centers for packaging packaged goods abroad. *Vestnik transporta*, 2006, No. 5, pp. 17-21.
19. Terentyev P.A. The method of conceptual design of warehouses. *Logistika*, 2011, No. 8 (61), pp. 14-17.
20. Tolmachev K.S. Improving the efficiency of the automated sorting of stock. *Logistika*, 2014, No. 8 (93), pp. 30-34.
21. Shiryayev S.A., Gorin V.V., Kashcheev S.A. Rational design algorithm zones of storage of goods in a warehouse for their advanced settings. *Energo- i resursoberezhenie: promyshlennost i transport*, 2015, No. 4 (162), pp. 98-100.

22. Shiryayev S.A., Gorin V.V., Kashcheev S.A. Perfection of the organization of storage areas of individual orders of ceramic tiles. *Energo- i resursosberezhenie: promyshlennost i transport*, 2014, No. 19 (146), pp. 86-88.

23. Gue K.R., Meller R.D. Aisle Configurations for Unit-Load Warehouses. *IIE Transactions*, 2009, No. 3, pp. 171-182.

24. Gue K.R., Ivanovic G., Meller R.D. A unit-load warehouse with multiple pickup and deposit points and nontraditional aisles. *Transportation Research. Part E*, 2012, No.48, pp. 795-806.

25. Ozturkoglu O., Gue K.R., Meller R.D. Optimal Unit-Load Warehouse Designs for Single-Command Operations. *IIE Transactions*, 2012, No.44, pp. 459-475.

26. Pohl L.M., Meller R.D., Gue K.R. Optimizaing fishbone aisles for dual-command operations in a warehouse. *Naval Research Logistics*, 2009, No. 56, pp. 389-403.

#### **Author' information**

Daurenbek I. Ilesaliev – Ph.D. (Eng), Assistant Lecturer of Departament “Transport logistics and services” at Tashkent institute of railway engineering (Uzbekistan), [ilesaliev@mail.ru](mailto:ilesaliev@mail.ru).

Дата публикации  
(Date of publication):  
25.03.2017

