

## ВИБІР ОПТИМАЛЬНОЇ ФОРМИ ДЛЯ КРОС-ДОКУ

Кравчук Н.М., Національний транспортний університет, Київ, Україна

## THE CHOICE OF THE OPTIMAL SHAPE FOR THE CROSS-DOCK

Kravchuk N.M., National Transport University, Kyiv, Ukraine

## ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ ФОРМЫ ДЛЯ КРОСС-ДОКА

Кравчук Н.Н., Национальный транспортный университет, Киев, Украина

**Вступ.** Крос-докінг є важливою логістичною стратегією для багатьох фірм в роздрібній, продуктової та іншій розподільній промисловості. Стелк та ін. (1992) повідомляють, що одна з найвідоміших компаній Wal-Mart, що працює у галузі роздрібної торгівлі вважає крос-докінг основним потенціалом, і на практиці це є однією з основних причин при перевезенні (перевантаженні) вантажу. За допомогою крос-докінгу в загальному обсязі продажів Wal-Mart зміг перевершити свого конкурента K-Mart в 80-х роках минулого століття. Wal-Mart вдалося знизити загальну систему інвентаризації з крос-докінгом, запропонувавши «повсякденно низьку ціну», за допомогою котрої компанія стала відомою. В галузі організації перевезення продукції процес крос-докінг дав можливість компаніям скоротити запаси і транспортні витрати в розпал запеклої цінової конкуренції. Крос-докінг також є основою практики «партії вантажу меншої за вантажопід'ємність» (ПВМВП), якою користується фірма, котра прагне об'єднати вантаж для досягнення транспортної економіки.

Сучасні інформаційні системи і поліпшення узгодженості ланцюга поставок різко знизили транзакційні витрати<sup>1</sup>, які до цих пір були традиційним обґрунтуванням великої кількості замовлень і вищих рівнів запасів.

Головна перевага крос-докінгу – зберігання продукції на складі повністю відсутнє!

**Постановка проблеми.** Одним із проблемних питань є форма геометричних конфігурацій крос-докінгових складів, що використовуються при організації роботи. Вирішення даної проблеми допоможе підібрати необхідну форму складу, щоб пришвидшити перевантаження вантажу.

**Виклад основного матеріалу.** Крос-докінг є відносно новою практикою в роздрібній, розподільній та ПВМВП-промисловості; працює з найбільшими підприємствами в Сполучених Штатах. Коуд (2000) повідомляє, що існує більше 10 тис. крос-доків в Сполучених Штатах і Канаді. Більшість крос-доків є довгі, вузькі прямокутники (І-подібної форми), але є також крос-доки форми **L** (Жовте транспортування, район Чикаго, Іллінойс), **U** (Об'єднані вантажні перевезення, Портленд, Орегон), **T** (Американські вантажні перевезення, Атланта, Джорджія), **H** (Центральні перевезення вантажів, Даллас, Техас), і **E** (Невідомий власник, Чикаго), такі, як наведено на рис. 1. Як можна пояснити цю відмінність? Яка форма є найкращою?

Іноді форма доку визначається простим обмеженням, таким як розмір і форма ділянки, на якій він буде розташовуватися. Часто комерційна нерухомість в найпривабливіших місцях є дуже дорогою або її важко знайти, що змушує розподільну фірму знаходити компромісне місцезнаходження для розміру партії та форми. Інженери Жовтого транспортування повідомляють, що деякі з їх **L**- і **T**-подібних крос-доків були побудовані із значним обмеженням (Хемік, 2000). Інші проблеми також набагато ускладнюють розміщення крос-доку, наприклад, потреба в місці паркування, радіус повороту вантажних автомобілів, необхідність будівель для офісного або технічного обслуговування. Всі ці питання змушують іти на компроміси при конструкції крос-доку. Тим не менш, будемо ігнорувати ці конкретні ускладнення, зосереджуючись на одному питанні, такому яка «форма», і як вона впливає на продуктивність крос-доку [1].

---

<sup>1</sup> Транзакційні витрати включають витрати на одержання необхідної інформації про ціни та якість товарів, а також витрати, пов'язані з веденням переговорів, оформленням контрактів та укладенням угод, контролем за їх виконанням і юридичним захистом прав власника у разі їх порушення.

Будемо оцінювати ефективність роботи форми крос-доку за визначенням довжини загальних їздок між дверима для розвантаження та дверима для завантаження.

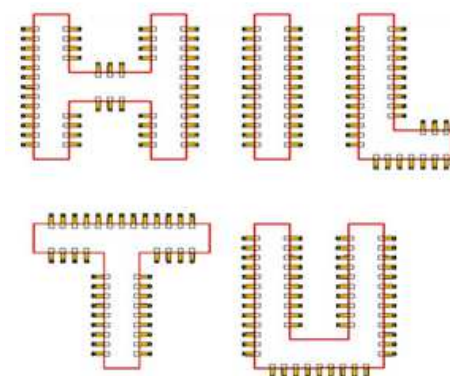


Рисунок 1 – Конфігурації складів крос-докінгу H, I, L, T, U

Перше рішення конструкції і найважливіший фактор для крос-доку – це загальна кількість дверей, котрі мають два типи: вхідні двері або приймання (інша назва – смуга або секційні двері) і вихідні двері (доставки або навантаження).

Кількість вхідних дверей визначається відносно легко, так як фірма звичайно знає, скільки напрямків крос-док має обслужити. Якщо кожному місцю призначення потрібні одні двері, то число вихідних дверей дорівнює кількості напрямків. При високому потоці може знадобитися більше, ніж одні двері, щоб забезпечити достатню «пропускну здатність» до місця призначення (надзвичайний досвід – це крос-док в Далласі, в якому виділено 10 дверей на Х'юстон, щоб розмістити 25-30 вантажних автомобілів, які прибувають щоночі).

Є ще багато питань, пов'язаних з визначенням кількості вхідних дверей. У деяких роздрібних крос-доках одна сторона дверей призначена для приймання, а протилежна сторона – для навантаження, і їх кількість є рівною. Ця конфігурація підтримує впорядковану постановку піддонів і включає операції, що входять в додану вартість, такі як упакування, ціноутворення або маркування. Крос-доки, які займаються ПМВВП, як правило, не включають операції, що входять в додану вартість. За законом Літтла<sup>2</sup> можна забезпечити простий спосіб оцінки кількості дверей для прийому шляхом множення необхідної пропускну здатності вантажних автомобілів на середній час розвантаження автомобіля. У носіїв ПМВВП Жовтого транспортування, крос-док має в середньому 180 дверей у діапазоні 63÷300 дверей. Відсоток вхідних дверей в діапазоні від 21% до 67% (Труселл, 2001).

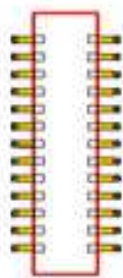


Рисунок 2 – Форма I-подібного доку

Рух крізь док є важливим, тому що операції крос-докінгу є трудомісткими, і більша частина змінної величини робочих витрат – це рух між дверима. Відповідно, більша кількість малих крос-доків є I-подібні, тому що цей проект дає шанс руху вантажу безпосередньо через док від вхідних до вихідних дверей.

<sup>2</sup> Закон Літтла: для системи масового обслуговування в стаціонарному стані, середня довжина черги L еквівалентна середній швидкості прибуття  $\lambda$ , помноженій на середній час очікування W [2]:

$$L = \lambda \cdot W \quad (1)$$

Є декілька способів оцінити зручність дверей. Найпростіший і найбільш консервативний – це обчислення середньої відстані до всіх інших дверей у доку. За цим розміром двері в центрі з **I**-подібного доку є найбільш зручними, як показано на рис. 2, і цей розмір зручності лінійно зменшується від центру дверей до дверей на кожному кінці доку.

Крос-доки робили вузькими з міркування зменшення відстані поїздки і через вартість робочої сили. Однак мінімальна ширина визначалася типом вантажу, особливо в передній частині вихідних дверей. Послідовність завантаження може бути визначена декількома факторами:

- створення щільно упакованих вантажів;
- утворення місця зверху для крихких вантажів;
- завантаження в зворотному порядку доставки для здійснення розвезення збірного вантажу;
- створення «носа навантаження», так щоб вантаж в передній частині вантажного автомобіля (причепи) не відсортовувався на проміжних крос-доках.

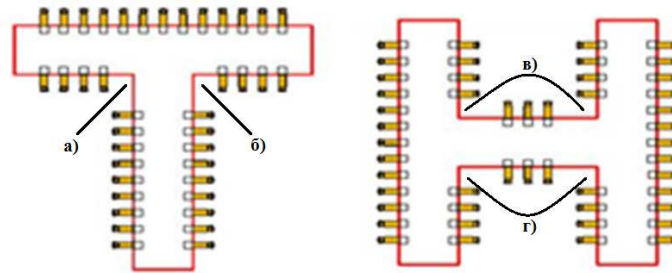


Рисунок 3 – Геометричні конфігурації **T** і **H** з додатковими кутами

Інші проекти, такі як **T** або **H**, розглядаються для того, щоб уникнути зниження ефективності великих доків. Ці конструкції відрізняються від стандартної **I**-подібної форми в тому, що в них є великий центр, так що дальні двері розташовані не так далеко, як в **I**, однак вони досягають цього за рахунок додаткових кутів, як зображено на рис. 3. Покажемо, що кути зменшують продуктивність праці в крос-доку. Додаткові кути позначені буквами а, б, в, г [1].

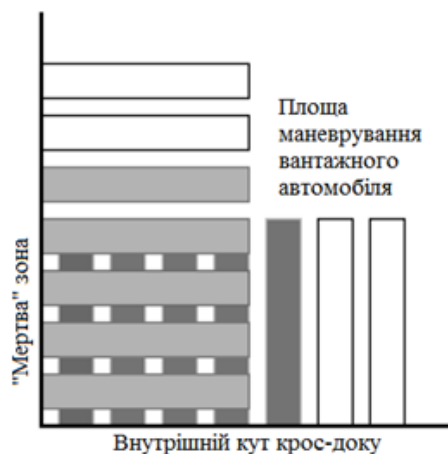


Рисунок 4 – Внутрішній кут, який звужує паркування для вантажного автомобіля

У **L**-, **T**-, **H**- і **X**-подібних формах внутрішні кути використані дуже неефективно, тому що вони є поблизу центру доку і, таким чином, дані позиції дверей є непридатні для використання (рис. 4). Це робить деякі дверні позиції непридатними (відмічені світлим і темно-сірим). В результаті док з внутрішнім кутом повинен бути більшим, щоб забезпечити необхідну кількість придатних до використання дверей. Хоча вони мають використовуватися найбільш раціонально, тому що вони розташовані поблизу багатьох сусідніх, які утворюють сприятливі умови для скорочення переїзду через док.

Двері навколо зовнішнього кута мають менше площі, доступної для навантаження в доку, і тому більш чутливі до перевантаження. Це показано на рисунку 5, де діаграма Вороного розбиває док

на певні частки. Шість дверей навколо кожного зовнішнього кута є тільки третя частина площі, і отже, вони більш придатні до перевантаження. Це природне приєднання площі до дверей для організації перевантаження вантажів.

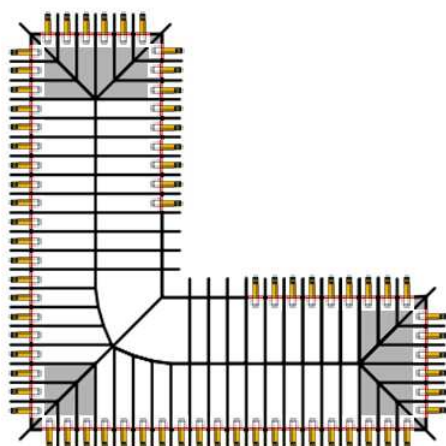


Рисунок 5 – Природний розподіл площі серед дверей для поставки вантажів

Діаграма Вороного – це особливий вид розбиття геометричного простору, що визначається відстанями до заданої дискретної множини ізольованих точок цього простору. Вона названа на честь українського і російського математика Георгія Вороного. Інші назви – теселяція Вороного, декомпозиція Вороного, чи теселяція Діріхле (на честь Лежена Діріхле) [3].

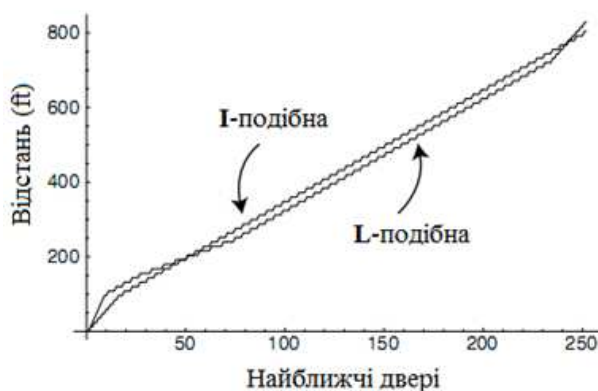


Рисунок 6 – Порівняння найкращих дверей на I- та L-подібних доках з 252-ма дверима

Рисунок 6 ілюструє стан збалансованого ефекту. Він показує відстань від найкращих дверей на I та L (середні двері на I, та двері, які найближчі до внутрішнього кута на L) до їх сусідніх дверей, які були відсортовані від найближчих сусідів до найдалших сусідів. Форма I має безпосередньо ближчих сусідів, проте його більш віддалені сусідні двері є далшими в порівнянні з дверима на L. Відзначимо, це всього лише невелика перевага, інші двері на L незначно поступаються своїм аналогам на I [1].

Для прикладу наведемо досвід міжнародної компанії «Рабен Україна» (рис. 7), яка стала першою в Україні фірмою, котра використовує крос-докінгові технології [4].

Компанія «Рабен Україна» є одним із лідерів на українському ринку комплексних логістичних послуг, 26 серпня 2009 року відкрила перший в Україні професійний крос-док площею 5000 м<sup>2</sup>, в якому є 50 гідравлічних завантажувально-розвантажувальних рамп, 2 в'їзних воріт нового складського приміщення, які призначені виключно для перевантаження вантажів, тобто повністю відсутня зона довготривалого складського зберігання (рис. 8).

Геометрична конфігурація складу має I-подібну форму. Ширина крос-доку по 16 метрів з кожної сторони плюс проїзд для навантажувально-розвантажувальних транспортних засобів. На кожні 100 м<sup>2</sup> припадає одна гідравлічна рампа, що є високим

показником ефективності використання площі навіть за світовими стандартами. Розмір зазорів між рампами складає 1 метр. Конструкція складу передбачає прозору смугу даху, завдяки чому працівники можуть працювати при денному світлі. Крос-док обладнаний системою 24-годинного відеоспостереження. На складі розташовано 74 камери.



Рисунок 7 – Компанія «Рабен Україна»

В центрі складу розташовується зона розвантаження (приймання). 8 рамп працюють тільки під розвантаження, а 42 – під навантаження. При розвантаженні вантаж розміщується на платформі. Після закінчення розвантаження його розміщують по локаціях біля завантажувальних рамп по певних замовниках, які вказані над кожною рампою та на товарному листі, який при обробці сканують та відмічають на ньому: хто отримував (прізвище), вантаж, час, день. В одній локації розташовується 60 палет. При завантаженні також сканується штрих-код на листі товару та відмічаються всі необхідні дані при відправленні.



Рисунок 8 – Крос-док компанії «Рабен Україна»

Час перевантаження вантажу: 33 палети розвантажуються за півгодини, а на завантаження та документацію витрачається 1 год 20 хв.

Склад працює в три зміни: 8:00-15:00, 15:00-22:00, 22:00-8:00. На кожній зміні працює 3 старших по зміні, 2 помічники старших по зміні та 7 робітників. Вони одягнені в спеціальний одяг. Робітники проходять спеціальний курс навчання протягом місяця з інструктором на навантажувально-розвантажувальних засобах та отримують посвідчення водія по керуванню певним транспортом. По техніці безпеки кожні 3 місяці проводиться інструктаж.

В офісі працює 2 диспетчери та 6 адміністраторів. Вони працюють в системі «Кевіл», в якій виконують всі операції з документації та яка була спеціально розроблена для компанії «Рабен Україна».

Обсяг максимальної обробки вантажу в день на крос-доку компанії «Рабен Україна» становить 3000-3100 палет, за місяць – 30-37 тис. палет, літом – 42-45 тис. палет, на зиму до 50 тис. палет. Склад працює кожного дня [окрім вихідних та свят].

При сезонних коливаннях спад роботи припадає на:

-літо (липень, серпень, половина вересня);

-зима (січень, лютий).

За даними компанії «Рабен Україна» використання технології крос-докінг сприяло:

-збільшенню пропускної спроможності по кількості щоденно оброблених палет на 80%;

-підвищенню ефективності роботи по часу обробки вантажів на 30%;

-зростанню операційних можливостей на 140%.

**Висновки.** Дослідження зосереджено на обранні доцільної геометричної форми, що буде використовуватися при формуванні чи організації роботи крос-докінгу. Розглянуто найбільш поширені конфігурації складів. Наведено порівняння найкращих дверей на **I**- та **L**-подібних доках. Подано стислу інформацію про роботу компанії «Рабен Україна».

За результатами аналізу діяльності відомих компаній можна вважати своєчасними та актуальними такі задачі дослідження як побудова математичних моделей функціонування розроблених схем крос-докінгу та підвищення ефективності використання крос-докінгових технологій на найкращих формах. Рішення цих задач дасть змогу компаніям обґрунтовано застосувати технологію крос-докінгу на своєму виробництві.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. The Best Shape for a Crossdock [Електронний ресурс] / John J. Bartholdi III, Kevin R. Gue // TRANSPORTATION SCIENCE. – May 2004. – Vol. 38. – No. 2 – pp.235-244. – [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://www2.isye.gatech.edu/~jjb/papers/crossdock-shape.pdf>

2. Закон Літла [Електронний ресурс] / Режим доступу: [http://www.equipnet.ru/management/articles/articles\\_1102.html](http://www.equipnet.ru/management/articles/articles_1102.html)

3. Діаграма Вороного [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://uk.wikipedia.org/wiki/>

4. Компанія «Рабен Україна» [Електронний ресурс] / Режим доступу: [http://www.raben-group.com/ua/prjes\\_rjelizi/v\\_dkrittja\\_pjersjogo\\_profjes\\_jnogo\\_kros\\_doku\\_na\\_log\\_stitsjnomu\\_rinku\\_ukra\\_ni](http://www.raben-group.com/ua/prjes_rjelizi/v_dkrittja_pjersjogo_profjes_jnogo_kros_doku_na_log_stitsjnomu_rinku_ukra_ni)

#### REFERENCES

1. John J. Bartholdi III, Kevin R. Gue. The Best Shape for a Crossdock. TRANSPORTATION SCIENCE. May 2004. Vol. 38. No. 2. P. 235-244. [Electronic resource] / Access: <http://www2.isye.gatech.edu/~jjb/papers/crossdock-shape.pdf> (Ukr)

2. Little's law [Electronic resource] / Access: [http://www.equipnet.ru/management/articles/articles\\_1102.html](http://www.equipnet.ru/management/articles/articles_1102.html) (Ukr)

3. Voronoi diagram [Electronic resource] / Access: <http://uk.wikipedia.org/wiki/> (Rus)

4. Company «Raben Ukraine» [Electronic resource] / Access: [http://www.raben-group.com/ua/prjes\\_rjelizi/v\\_dkrittja\\_pjersjogo\\_profjes\\_jnogo\\_kros\\_doku\\_na\\_log\\_stitsjnomu\\_rinku\\_ukra\\_ni](http://www.raben-group.com/ua/prjes_rjelizi/v_dkrittja_pjersjogo_profjes_jnogo_kros_doku_na_log_stitsjnomu_rinku_ukra_ni) (Rus)

#### РЕФЕРАТ

Кравчук Н.М. Вибір оптимальної форми для крос-доку / Н.М. Кравчук // Управління проектами, системний аналіз і логістика. Науковий журнал: в 2 ч. Ч. 1: Серія: „Технічні науки” – К. : НТУ, 2014. – Вип. 14.

В статті проведено аналіз вибору оптимальної форми для крос-доку, викладено стислу характеристику існуючих різновидів геометричних конфігурацій.

Об'єкт дослідження – геометричні конфігурації крос-докінгових складів.

Мета роботи – визначення доцільної геометричної форми для пришвидшення перевантаження вантажу та аналіз однієї з конфігурацій на прикладі міжнародної компанії “Рабен Україна”.

Існує більше 10 тис. крос-доків в Сполучених Штатах і Канаді. Більшість крос-доків є довгі, вузькі прямокутники (**I**-подібної форми), але є також крос-доки форми **L**, **U**, **T**, **H** та **E**.

Іноді форма доку визначається простим обмеженням, таким як розмір і форма ділянки.

Найважливіший фактор для крос-доку – це загальна кількість дверей.

Є багато питань, пов'язаних з визначенням кількості вхідних та вихідних дверей. У деяких роздрібних крос-доках одна сторона дверей призначена для приймання, а протилежна сторона – для навантаження, і їх кількість є рівною. Ця конфігурація підтримує впорядковану постановку піддонів і включає операції, що входять в додану вартість, такі як упакування, ціноутворення або маркування.

Рух крізь док є важливим, тому що операції крос-докінгу є трудомісткими, і більша частина змінної величини робочих витрат – це рух між дверима.

Для прикладу наведено досвід міжнародну компанію «Рабен Україна», яка стала першою в Україні фірмою, котра використовує крос-докінгові технології. Дано коротку характеристику підприємства та переваги використання крос-докінгу.

Прогнозні припущення щодо розвитку об'єкта дослідження – побудова математичних моделей функціонування розроблених схем крос-доку та підвищення ефективності використання крос-докінгових технологій на найкращих формах.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** КРОС-ДОК, ГЕОМЕТРИЧНА КОНФІГУРАЦІЯ, ДВЕРІ, РАМПА, КУТ, ЛОКАЦІЯ.

#### ABSTRACT

Kravchuk N.M. The choice of the optimal shape for the cross-dock. Management of projects, systems analysis and logistics. Science journal: In Part 2. Part 1: Series: "Technical sciences" - Kyiv: NTU, 2014. - Vol. 14.

The paper analyzes the selection of the optimal shape for a cross-dock, contained a brief description of the existing varieties of the geometric configurations.

Object of the study is the geometric configuration of cross-docking warehouses.

Purpose is to determine purposeful geometric form for faster reloading of the cargo and the testimony of one of the configurations by international companies, " Raben Ukraine."

There are more than 10,000 cross-docks in the United States and Canada. Most cross-docks are long, narrow rectangles (I-shape) form, but there is also a cross-dock shape whilst L, U, T, D and E.

Sometimes the shape of dock is determined by a simple restriction, such as the size and shape of the area.

The most important factor for cross-dock is the total number of doors.

There are many issues related to the definition of inbound and outbound doors. Some retail cross-dock doors have one party intended to receive, and the opposite side to the load and their number is even. This configuration supports orderly staging pallets and includes transactions that are included in value added, such as packaging, pricing or labeling.

Movement through the dock is important because cross-docking operations are labor intensive, and most of the variable operating costs is a movement between the doors.

For example here was an international company "Raben Ukraine", which was the first company in Ukraine on the use of cross-docking technology. It presents a brief description of the company and the benefits of using cross-docking.

Expected assumptions about the object of researching is construction of mathematical model of the developed schemes of cross-dock and improving of design accuracy and efficiency of cross-docking technology in the best shapes.

**KEY WORDS:** CROSS-DOCK, GEOMETRIC CONFIGURATION, DOOR, RAMP, CORNER, LOCATION.

#### РЕФЕРАТ

Кравчук Н.М. Выбор оптимальной формы для кросс-дока / Н.Н Кравчук // Управление проектами, системный анализ и логистика. Научный журнал: в 2 ч. Ч. 1: Серия: „Технические науки” – К. : НТУ, 2014. – Вип. 14.

В статье проведен анализ выбора оптимальной формы для кросс-дока, изложено краткую характеристику существующих разновидностей геометрических конфигураций.

Объект исследования – геометрические конфигурации кросс-докинговых складов.

Цель работы – определение целесообразной геометрической формы для ускорения перегрузки груза и анализ одной из конфигураций на примере международной компании «Рабен Украина».

Существует более 10 тыс. кросс-доков в Соединенных Штатах и Канаде. Большинство кросс-доков – это есть длинные, узкие прямоугольники (I-образной формы), но есть также кросс-доки формы L, U, T, H и E.

Иногда форма дока определяется простым ограничением, таким как размер и форма участка.

Важнейший фактор для кросс-дока – это общее количество дверей.

Есть много вопросов, связанных с определением количества входных и выходных дверей. В некоторых розничных кросс-доках одна сторона двери предназначена для приема, а противоположная сторона для погрузки, и их количество равное. Эта конфигурация поддерживает упорядоченную постановку поддонов и включает операции, входящие в добавленную стоимость, такие как упаковка, ценообразование или маркировка.

Движение через док является важным, так как операции кросс-докинга трудоёмки, и большая часть переменных рабочих расходов – это движение между дверями.

Для примера приведен опыт международной компании «Рабен Украина», которая стала первой в Украине фирмой, использующей кросс-докинговые технологии. Дана краткая характеристика предприятия и преимущества использования кросс-докинга.

Прогнозные предположения о развитии объекта исследования – построение математических моделей функционирования разработанных схем кросс-дока и повышение эффективности использования кросс-докинговых технологий на лучших формах.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** КРОСС-ДОК, ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ КОНФИГУРАЦИЯ, ДВЕРИ, РАМПА, УГОЛ, ЛОКАЦИЯ.

**АВТОР:**

Кравчук Наталія Миколаївна, Національний транспортний університет, аспірант кафедри міжнародних перевезень та митного контролю, e-mail: nataliyakravchuk@ukr.net, тел. +380978440034, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к.437.

**AUTHOR:**

Kravchuk Natalia M., National Transport University, postgraduate department of international transportation and customs, e-mail: nataliyakravchuk@ukr.net, tel. +380978440034, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 437.

**АВТОР:**

Кравчук Наталия Николаевна, Национальный транспортный университет, аспирант кафедры международных перевозок та таможенного контроля, e-mail: nataliyakravchuk@ukr.net, тел. +380978440034, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1, к. 437.

**РЕЦЕНЗЕНТИ:**

Воркут Т.А., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри транспортного права та логістики, Київ, Україна.

Рудзінський В.В., доктор технічних наук, професор, Житомирський державний технологічний університет, завідувач кафедри автомобілі та автомобільне господарство, Житомир, Україна.

**REVIEWER:**

Vorkut T.A., Ph.D., Engineering (Dr.), professor, National Transport University, head of the department of transport law and logistics, Kyiv, Ukraine.

Rudzinskiy V.V., Ph.D., Engineering (Dr.), professor, Zhytomyr State Technological University, head of the department of automobiles and technical system mechanics, Zhytomyr, Ukraine.