

УДК 656.226

Д. В. ЛОМОТЬКО<sup>1\*</sup>, О. В. ДЕРЕВ'ЯНКО<sup>2\*</sup>, П. О. ДВОРЕЦЬКИЙ<sup>3\*</sup>

<sup>1\*</sup> Каф. «Транспортні системи та логістика», Український державний університет залізничного транспорту, пл. Фейербаха, 7, 61050, м. Харків, Україна, тел. +38 (057) 730 19 55, ел. пошта den@kart.edu.ua, ORCID – 0000-0002-7624-2925

<sup>2\*</sup> ННППК, Український державний університет залізничного транспорту, пл. Фейербаха, 7, 61050, м. Харків, Україна, тел. +38 (057) 730 19 55, ел. пошта derevyanko\_elen1@mail.ru

<sup>3\*</sup> Каф. «Транспортні системи та логістика», Український державний університет залізничного транспорту, пл. Фейербаха, 7, 61050, м. Харків, Україна, тел. +38 (057) 730 19 55, ел. пошта pdvoreckii@bk.ru

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ З КОНТЕЙНЕРАМИ В УМОВАХ ПЕРЕВАНТАЖУВАЛЬНИХ ВУЗЛІВ ЗА УЧАСТЮ ЗАЛІЗНИЦЬ

Виконано статистичний аналіз кількісних та якісних показників роботи з контейнерами у транспортному перевантажувальному вузлу. Запропоновано підвищити ефективність роботи перевантажувального залізничного вузла за рахунок впровадження єдиної інформаційно-керуючої системи роботи із контейнерами. В умовах перевантажувального вузла М встановлено термін окупності інформаційної системи на рівні 4 роки. З урахуванням економічних розрахунків показано можливість впровадити логістичні технології взаємодії видів транспорту при перевезенні вантажів у контейнерах.

*Ключові слова:* залізниця, контейнер, вантаж, логістична технологія, інформаційно-керуюча система.

### Вступ

Діяльність залізничних вузлів зі значними обсягами перевантаження технологічно пов'язано з роботою залізничного транспорту, однак інформаційна взаємодія в цьому процесі, як правило, знаходиться на невисокому рівні. Технологічний процес тісно зв'язаний із плануванням спільної діяльності усіх видів транспорту та вантажовласників, що при обробці великого вантажопотоку стає істотно необхідним. З іншого боку, планування перевезень пов'язано з розробкою оптимальної тарифної політики: в умовах наявності попередньої інформації про кількість прибуваючих вантажів стає можливим створювати оптимальні ставки на перевезення і переробку того чи іншого вантажопотоку. Усе це зв'язано з організацією безперервного перевізного процесу, технологічно та інформаційне забезпечення якого повинно базуватись на логістичних принципах.

### Постановка проблеми

Враховуючи становище, що склалось в галузі, можливо сказати, що більшість вантажів у контейнерах передаються з морського або автомобільного на залізничний транспорт, частка «прямого» варіанта перевантаження досягає 50%. Регулювання цього вантажопотоку є важливим ринковим інструментом підвищення конкурентоспроможності залізничної галузі.

Технологію у даному випадку пов'язано з організацією безперервного перевізного процесу, технологічно та інформаційне забезпечення якого повинно базуватись на логістичних принципах. Це можливо зробити на основі зменшення невизначеності на транспортному ринку в районі тяжіння перевантажувальних вузлів та портів за рахунок прогнозування найбільш важливих показників обсягів перевезень у межах відповідних інформаційно-керуючих систем.

### Аналіз публікацій

Відповідно до [1] технологія роботи залізничного транспорту України повинна повністю забезпечити інтереси вантажовласників, у тому числі – за рахунок покращення наскрізного транспортного обслуговування із використанням контейнерів при безумовному виконанні термінів доставки та підвищення збереження вантажів.

Передумовами формування і діяльності транспортних вузлів (припортових, залізнично-водних, перевантажувальних) в умовах невизначеності є прогнозування рівня виробництва продукції в промисловості, сільському господарстві, будівництві та потреба в її переміщенні з міст виробництва до споживачів. Транспортні вузли, припортові станції і порти, як складні системи, мають певні властивості, і, насамперед, це цілісність, централізованість, синергічність, адаптивність, велика кількість зворотних,

а також зовнішніх зв'язків [2]. Ці фактори мають істотний вплив на характер і процес формалізації технологічних процесів обробки вантажів, що транспортують у контейнерах [7]. Розвиток сучасних підходів у математиці та використання її методів в інших галузях знань складають одну з основних характерних рис сучасності.

Останнім часом для транспорту України актуальним стає питання проблема ресурсозбереження. Велику цінність має запропонований комплекс критеріїв [3] оптимізації технології вантажних перевезень на різних рівнях, а також концепція реалізації технології ресурсозбереження в роботі транспортних вузлів на основі теорії нечітких множин. Розвиток контейнерних перевезень дозволяє економити на транспортних витратах [8] та реалізувати високоефективну технологію роботи при застосуванні інтелектуальних інформаційних систем [11, 12].

Контейнерні перевезення є одним з найбільш безпечних та зручних способів доставки вантажів різної номенклатури. Розвиток контейнерних перевезень дозволяє економити як на прямих, так і на супутніх транспортних витратах [6], реалізувати високоефективну технологію роботи при застосуванні інтелектуальних інформаційних систем [5] та на автоматизованих контейнерних терміналах.

Для адекватної реакції системи взаємодії вантажна станція – порт на зміни різноманітних чинників необхідно врахування такої властивості системи, як адаптивність [4, 6]. Проведені дослідження дозволяють зробити висновок про те, що слабкість систем адаптації в структурах транспортної галузі або недостатній їх розвиток є однією з головних, а в деяких випадках - головною причиною зниження якості транспортного обслуговування на залізницях України. За кордоном зріст контейнеризації при перевезенні вантажів створює багато проблем й для портів [13], тому систематизацію досвіду роботи контейнерних терміналів в портах слід врахувати у вітчизняних умовах. Тому управління технологічним процесом у транспортних вузлах повинно забезпечити процес адаптації внутрішніх технологічних особливостей переробки вантажів у контейнерах на станціях в першу чергу за рахунок впровадження інформаційно-керуючих систем.

### **Підвищенні ефективності роботи з контейнерами в умовах перевантажувальних вузлів за участю залізниць**

Розвитку перспективної технології концентрації контейнеропотоків в регулярних контейнерних поїздах між великими терміналами дасть можливість підвищення маршрутної швидкості від 300 км за добу до 500 і більше км за добу. При цьому слід врахувати, що в [9] вказано основні нормативні умови виконання таких перевезень з урахуванням технологічних обмежень, що передбачено графіком руху поїздів [10].

Контейнеризація має ряд таких переваг:

- мінімальні транспортні витрати;
- практично необмежений доступ вантажу в будь-яку точку світу;
- транспортування вантажу будь-якого типу, консистенції, тоннажу, габаритів;
- широкий вибір тари для транспортування, в разі необхідності - можливість встановити додаткового обладнання на борту;
- можливість скоротити перевалочні процедури на всьому шляху проходження вантажу.

Перевезення вантажу в контейнерах дозволяють задіяти морської, річковий, автомобільний, залізничний і повітряний транспорт, що дає можливість максимально оптимізувати варіант доставки виходячи від потреб [14].

Розглянемо у якості полігону дослідження – перевантажувальний залізничний вузол М. З урахуванням характеру роботи на залізничному перевантажувальному вузлі визначено основні показники його функціонування – навантаження та розвантаження контейнерних вантажів, що в динаміці наведено на рис. 1.

Аналіз динаміки показує, що для залізничного перевантажувального вузла М характерним є перевага розвантаження над навантаженням. Розвантаження з тенденцією до зростання має досить високу внутрішньорічну нерівномірність з максимумом лютому – березні, з мінімумом – у червні - липні. Виявлено стійку тенденцію незначного збільшення обсягів розвантаження. Навантаження має невелику внутрішньорічну нерівномірність і тенденцію до зменшення. За допомогою методу найменших квадратів здійснено лінійну апроксимацію даних.

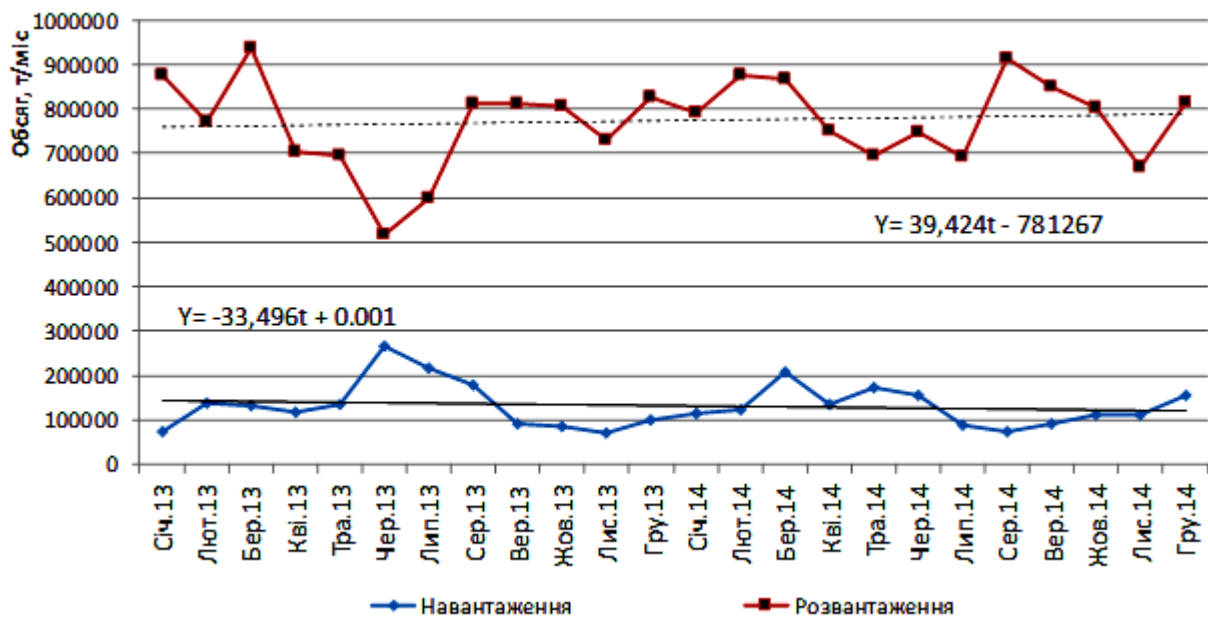


Рис. 1. Динаміка зміни навантаження та розвантаження контейнерних вантажів, т/міс.

За допомогою критерію згоди Пірсона  $\chi^2$  встановлено функцію щільності розподілу випадкових величин, що характеризують деякі показники роботи перевантажувального вузла. Обсяг відповідних вибірок склав 48 спостережень.

Аналіз цих показників показав, що середньодобова кількість вагонів  $x$  із контейнерами, що переробляються у вузлу, має математичне очікування 174,6 конт./добу, дисперсією 2778,7

при середньоквадратичному відхиленні 52,7, причому випадкова величина підкоряється трьохпараметричному закону Ерланга 3-го порядку, функція щільності якого

$$f(x) = \frac{(x-93,93)^2}{60625,92} e^{-(93,93-x)/31,18}$$

Гістограма та функція щільності розподілу середньодобової кількості вагонів із контейнерами наведено на рис. 2.

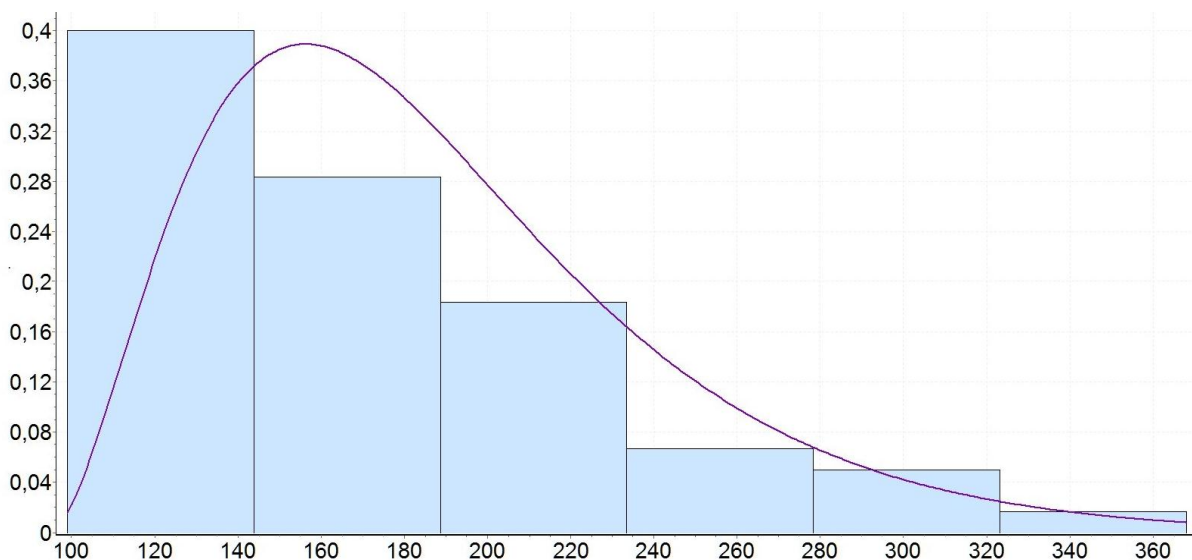


Рис. 2. Гістограма та функція щільності розподілу середньодобової кількості вагонів із контейнерами

Показник простою великовагового контейнера під 1-й вантажною операцією  $t$ , має математичне очікування 74,3 год, дисперсією 430,5 при середньоквадратичному відхиленні 20,749, причому випадкова величина підкоряється но-

рмальному закону розподілу, функція щільності якого  $f(t) = 0,019 e^{-\frac{(t-74,33)}{861,125}}$ . Гістограма та функція щільності розподілу простою великовагового контейнера під 1-й вантажною операцією

наведено на рис. 3. Виявлено наявність тенденції до збільшення простою  $t$  у наслідок нерів-

номірності підводу вагонів та контейнерів, а також із коливанням обсягів роботи.

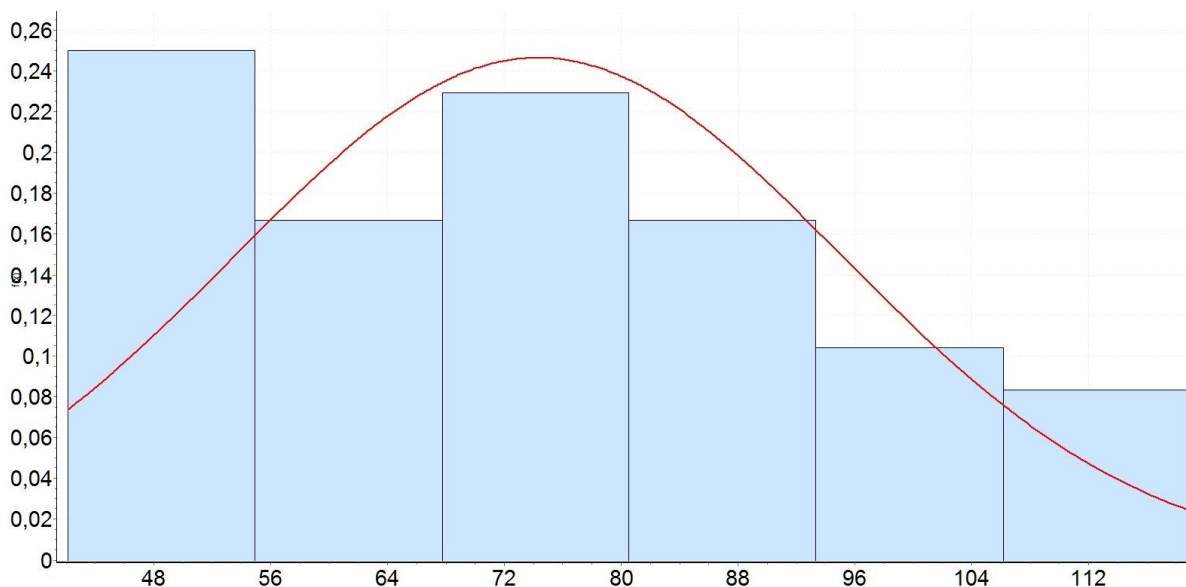


Рис. 3. Гістограма та функція щільності розподілу простою великовагового контейнера під 1-й вантажною операцією

Норма вивантаження щодоби встановлюється змінно-добовим планом, що складається на підставі затвердженого місячного плану завантаження, виходячи з наявності вантажу у вузлу та на підходах до нього. Взаємовідносини між станціями вузла М регулюються на підставі Єдиного технологічного процесу (ЄТП). Максимальна добова переробка вантажів згідно ЄТП становить 760 вагонів, у тому числі вугілля 196 вагонів, металу 360 вагонів, вогнетривів 161 вагон, вантажів по прямому варіанту 36 вагонів, інших вантажів 7 вагонів.

В даний час планування роботи залізничного вузлу М забезпечує виконання плану обробки вантажів на рівні 30-40 %. Основна причина такої роботи – несвоєчасний підхід поїздів і несвоєчасна подача вагонів та контейнерів на перевантажувальні фронти. Основним напрямком вирішення задачі покращення якості взаємодії є створення необхідного рівня інформаційного забезпечення, що буде автоматизувати планування щоденної та щомісячної роботи. Тому вважається за необхідним створення вузловий інформаційно-керуючої системи роботи з контейнерами (ІКСК) на транспортному комплексі, яка б забезпечувала своєчасною інформацією всіх учасників перевізного процесу при роботі транспортного вузлу.

Якість наданих послуг залежить насамперед від технологічних прийомів і засобів передачі інформації, використовуваних у управлінні процесом перевезень. У даний час стає очевидним, що окремими розрізненими заходами про-

блему підвищення якості інформаційної взаємодії не вирішити. Необхідна ІКСК, що передбачає безпомилковість передачі та обробки даних у межах єдиного інформаційного середовища. Основні задачі інформаційних технологій роботи з контейнерами у вузлу пов'язані з підвищення рівня якості експлуатаційної роботи шляхом автоматизації процесів управління та ув'язки до єдиного інформаційного середовища залізниці та інших видів транспорту, що відповідає логістичним принципам.

Функціонально комплексна система електронного обміну даними складається із наступних набору відповідних АРМ оперативних працівників. Основні функції ІКСК, необхідні для досягнення мети:

- погоджене підведення вагонів та контейнерів до перевантажувального вузлу та після обробки у вузлі;
- ведення скороченого графіка виконаного руху з вагонами та контейнерами;
- ведення поїзного положення;
- взаємодія із диспетчером залізниці (ДГП) та із системою АСК ВП УЗ;
- інформаційна підсистема взаємодії з митними і прикордонними органами, органами карантинного та фітосанітарного контролю з можливістю застосування протоколів на базі EDIFACT (ISO 9735).

Важливим моментом при визначенні величини економії від експлуатації ІКСК являється межа ефективності впливу технологічних факторів у процесі автоматизації.

Критерієм ефективності ІКСК перевантажувального вузла є здатність системи найбільш повніше використовувати технологічні можливості залізниці при роботі із контейнерами та визначається економією відповідних витрат. Останні залежать від середньодобової кількості вагонів із контейнерами, для вузла М, що розглядається, ця функція  $f(x)$  наведена на рис. 2.

Витрати на збирання, обробку та передавання інформації ручним способом

$$E_c = E_p + E_{pk} + E_{пом}, \quad (1)$$

де  $E_p$  – витрати на збирання, обробку і передачу інформації ручним способом;

$E_{pk}$  – поточні витрати при обробці інформації ручним способом з обмеженим використанням комп'ютера;

$E_{пом}$  – поточні витрати на обробку інформації ручним способом із залученням оперативних співробітників.

$$E_p = 12 \cdot N_{пер} \cdot E_3 + a_1 \cdot 365, \quad (2)$$

де  $N_{пер}$  – кількість причетних робітників станції;

$E_3$  – середня заробітна плата одного робітника;

$a_1$  – вартість передачі інформації ручним способом.

$$N_{пер} = (M_1 + M_2 + M_3), \quad (3)$$

де  $M_1$  – кількість прийомосдавальників;

$M_2$  – кількість товарних касирів;

$M_3$  – кількість операторів.

$$E_{pk} = a_2 \cdot 365, \quad (4)$$

де  $a_2$  – вартість передачі інформації з обмеженим використанням комп'ютера.

$$E_{пом} = 12 \cdot N_{пом} \cdot E_3 + a_3 \cdot 365, \quad (5)$$

де  $N_{пом}$  – кількість причетних робітників порту;

$a_3$  – вартість передачі інформації ручним способом із залученням оперативних співробітників.

Величина поточних витрат при автоматизованому способі обробки інформації с використанням ІКСК

$$E_a = E_{зб} + E_{зк} + E_{ав} + E_{пд}, \quad (6)$$

де  $E_{зб}$  – витрати по ручному збиранню первинних даних;

$E_{зк}$  – витрати на приготування, контроль та передачу вихідних даних з лінійно-господарських пунктів в пункт концентрації інформації про контейнери, грн;

$E_{ав}$  – витрати на обробку інформації в межах ІКСК, грн;

$E_{пд}$  – витрати по автоматизованому передаванню даних користувачам системи, грн.

В цілому зміни по поточні витратам складуть

$$E_{п.в} = E_c - E_a. \quad (7)$$

Сумарний річний ефект від застосування ІКСК, передавання та обробки інформації складе

$$E_p = E_{п.в} + \Delta E_{е.в} - \kappa \cdot e_n, \quad (8)$$

де  $\kappa$  – капітальні вкладення на впровадження ІКСК, які складаються з вартості ЕОМ, додаткових каналів та кінцевих пристроїв у керуванні та на місцях;

$\Delta E_{е.в}$  – оцінка покращення експлуатаційних витрати у вузлі. Вона залежить від ймовірнісної оцінки простою великовагового контейнера під 1-й вантажною операцією  $f(t)$ , для вузла М складає 437 100 грн/рік;

$e_n$  – нормативний коефіцієнт капітальних вкладень, 0,15.

Термін окупності ІКСК визначено за формулою

$$t_0 = \frac{\kappa}{\Delta E_{е.в} + E_c - E_p}. \quad (9)$$

Для умов перевантажувального транспортного вузла М отримані результати, які зведено у табл. 1.

Таблиця 1

#### Визначення ефективності впровадження ІКСК у перевантажувальному транспортному вузлу М

Вид витрат, грн.	Традиційний спосіб	Застосування ІКСК	$\pm \Delta$
Капітальні вкладення	–	$\kappa = 2\,418\,365$	-2 418 365
Витрати на збирання первинних даних	$E_p = 417\,780$	$E_{зб} + E_{зк} = 944\,640$	-526 860
Витрати на обробку інформації	$E_{pk} = 450\,630$	$E_{ав} = 160\,903$	289 727
Витрати на передавання інформації	$E_{пом} = 483\,480$	$E_{пд} = 80\,451$	403 029
Загальні експлуатаційні витрати	$E_c = 1\,351\,890$	$E_a = 1\,185\,994$	$E_{п.в} = 165\,896$
Загальні річні витрати	1 351 890	$E_p = 1\,211\,010$	
Перероблено вантажів у контейнерах, TEU за рік	63 875	63 875	
Собівартість інформаційного обслуговування, грн/TEU	21,16	18,96	-2,20

Таким чином, термін окупності ІКСК у перевантажувальному транспортному вузлу М за формулою (9) складе

$$t_0 = \frac{2418365}{437100 + 1351890 - 1185994} = 4,01 \text{ рік} \approx 4 \text{ роки.}$$

### Висновки

Таким чином, проаналізувавши усе вищевикладене, можна зробити деякі висновки про те, які дії необхідно робити для підтримки і розвитку контейнерних та інтермодальних перевезень: розробка транспортно-технологічних систем (контейнерні, контрейлерні системи, системи перевезень з горизонтальним способом вантажних робіт); будівництво термінально-складської інфраструктури; розширення та модернізація об'єктів транспортної інфраструктури; удосконалення транспортно-митних технологій; створення мережі логістичних центрів і засобів інформаційного супроводу перевезення вантажів. На підставі розглянутого можливо розробити комплекс програм, який передбачає автоматичний режим роботи у межах єдиного інформаційного середовища при роботі із контейнерами. З урахуванням проведених економічних розрахунків можливо виконувати перерозподіл вагонів та контейнерів за умови врахування факторів, які впливають на нерівномірність перевезення вантажу, привести у відповідність з обсягами роботи контингент причетних працівників та впровадити логістичні технології взаємодії видів транспорту у перевантажувальному вузлу.

### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Кірта, Г.М. Організація контрейлерних перевезень в Україні : монографія / Г.М. Кірта. – Дніпропетровськ: Арт-прес, 1998. – 277 с.
2. Бутько, Т. В. Структурний підхід к анализу припортового железнодорожного узла / Т. В. Бутько, Д. В. Ломотько, Т. В. Головка // Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции «Современные направления теоретических и прикладных исследований 2008». Транспорт. – Одесса: Черноморье, 2008. – Том 1. – С. 19-21.
3. Данько, М. І. Методологічний аспект формування критеріїв ефективного управління залізничною транспортною системою / М. І. Данько, Т. В. Бутько, Д. В. Ломотько, В. В. Козак // Зб. наук. пр. – Харків : УкрДАЗТ. – 2010. – Вип. 113. – С. 5-9.
4. Бутько, Т. В. Перспективи організації інформаційної взаємодії учасників перевезення в умовах

залізнично-водних транспортно-логістичних вузлів / Т. В. Бутько, Д. В. Ломотько // Залізничний транспорт України. – 2007. – № 6. – С. 62-65.

5. Ломотько, Д. В. Formation of fuzzy support system for decision-making on merchantability of rolling stock in its allocation / Д. В. Ломотько, А. О. Ковальов, О. В. Ковальова // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2015. – Т. 6. – №. 3 (78). – С. 11-17, <http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2015.54496>.

6. Bart W. Wiegmans, Peter Nijkamp, Piet Rietveld, Container Terminals In Europe: Their Position in Marketing Channel Flows, IATSS Research, Volume 25, Issue 2, 2001, Pages 52-65, ISSN 0386-1112, [http://dx.doi.org/10.1016/S0386-1112\(14\)60070-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0386-1112(14)60070-4).

7. Козаченко, Д. М. Транспортне забезпечення експорту українських товарів до Європейського Союзу / Д. М. Козаченко, А. М. Окорочков, С. В. Гревцов // Вісник Академії митної служби України. Серія: Технічні науки. – 2014. – №. 2. – С. 141–148.

8. Congli Hao, Yixiang Yue, Optimization on Combination of Transport Routes and Modes on Dynamic Programming for a Container Multimodal Transport System, Procedia Engineering, Volume 137, 2016, Pages 382-390, ISSN 1877-7058, <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2016.01.272>.

9. Правила перевезень вантажів залізничним транспортом України : затв. : Наказ Міністерства транспорту України 21.11.2000 № 644. – Київ, 2004. – Ч. 1. – 432 с.

10. Практичні рекомендації щодо складання технологічного процесу роботи сортувальної станції. ЦД-0081: затв.: наказ Укрзалізниці 22.12.09 № 715-Ц. – Київ: ТОВ «НВП Поліграфсервіс», 2010. – 230 с.

11. Бутько, Т. В. Основні напрямки адаптації перевізного процесу на залізничному транспорті в умовах функціонування конкурентних транспортних компаній / Т. В. Бутько, О. Е. Шандер // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – Вип. 131. – С. 26-30.

12. Бутько, Т. В. Наукові підходи щодо удосконалення технології вантажних перевезень з урахуванням конкурентного середовища / Т. В. Бутько, О. Е. Шандер // Збірник наукових праць Донецького інституту залізничного транспорту. – 2013. – Вип. 33. – С. 57-60.

13. Hassan Rashidi, Edward P.K. Tsang, Novel constraints satisfaction models for optimization problems in container terminals, Applied Mathematical Modelling, Volume 37, Issue 6, 15 March 2013, Pages 3601-3634, ISSN 0307-904X, <http://dx.doi.org/10.1016/j.apm.2012.07.042>.

14. Матюшин, Л. Н. Контейнерные и контрейлерные перевозки грузов : справочник / Под общей ред. Л. Н. Матюшина. – Москва : Интеграция, 2009. – 222 с.

*Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. Козаченко Д. М. (Україна)*

Надійшла до редколегії 28.05.2016.

Прийнята до друку 29.05.2016.

Д. В. ЛОМОТЬКО, Е. В. ДЕРЕВЯНКО, П. О. ДВОРЕЦКИЙ

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ С КОНТЕЙНЕРАМИ В УСЛОВИЯХ ПЕРЕГРУЗОЧНЫХ УЗЛОВ С УЧАСТИЕМ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ**

Выполнен статистический анализ количественных и качественных показателей работы с контейнерами в транспортном перегрузочном узле. Предложено повысить эффективность работы перегрузочного железнодорожного узла за счет внедрения единой информационно-управляющей системы работы с контейнерами. В условиях перегрузочного узла М установлен срок окупаемости информационной системы на уровне 4 года. С учетом экономических расчетов показана возможность внедрить логистические технологии взаимодействия видов транспорта при перевозке грузов в контейнерах.

*Ключевые слова:* железная дорога, контейнер, груз, логистическая технология, информационно-управляющая система.

D. V. LOMOT'KO, O. V. DEREVYANKO, P. O. DVORETSKY

## **IMPROVING THE EFFICIENCY OF CONTAINERS IN TERMS HANDLING UNITS INVOLVING RAILWAYS**

A statistical analysis of quantitative and qualitative performance of the transport containers in transshipment node. An increase efficiency of handling railway junction through the introduction of a unified information management system to work with containers. In terms of handling node set M information system payback period of 4 years. Given the economic calculations possibility to implement logistics technology interaction modes of transport for the carriage of goods in containers.

*Keywords:* railway, container, cargo, logistics technology, information management system.