

ISSN 2222-419X (Print)  
ISSN 2313-8688 (Online)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Український державний університет науки і технологій

**ЗБІРНИК**  
**наукових праць**  
**Дніпровського**  
**національного університету залізничного транспорту**  
**імені академіка В. Лазаряна**

**«ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ ТА**  
**ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ»**

Засновано в 2011 році

***Випуск 24***

Дніпро  
2022

УДК 626  
ББК 39  
Д 54

*ЗАСНОВНИК:*  
ДНІПРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ  
ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА

*ВИДАВЕЦЬ:*  
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ

*Затверджено до друку рішенням вченої ради Українським державним університетом науки і технологій від 20.12.2022 р., протокол № 3*

Збірник наукових праць «Транспортні системи та технології перевезень», наказом Міністерства освіти і науки України №409 від 17.03.2020 р. внесено до Категорії Б «Переліку наукових фахових видань України».

Редакційна колегія:

головний редактор – доктор технічних наук *А. М. Афанасов*;  
заступник головного редактора – кандидат технічних наук *М. І. Березовий*.  
відповідальний секретар – кандидат технічних наук *Р. Г. Коробйова*.

Члени редакційної колегії:

доктори технічних наук *Т. В. Бутько, І. В. Жуковицький, Д. М. Козаченко, Д. В. Ломотько, Є. В. Нагорний, В. В. Скалозуб*, доктор фізико-математичних наук *В. І. Гаврилюк (Україна)*, доктор технічних наук *Маріанна Яцина (Польща)*.

**Збірник** наукових праць Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна «Транспортні системи та технології перевезень». – Дніпро: Вид-во Українського державного університету науки і технологій, 2022. – Вип. 24. – 90 с.

ISSN 2222-419X (Print)

ISSN 2313-8688 (Online)

**УДК 656**  
**ББК 39**

Д 54

В статтях висвітлені результати наукових досліджень, виконаних авторами в Українському державному університеті науки і технологій та інших організаціях у сфері формування та забезпечення ефективної роботи складових елементів транспортного комплексу, розвитку його матеріально-технічної бази, удосконалення технологій експлуатаційної, вантажної та комерційної роботи транспорту.

Збірник становить інтерес для співробітників науково-дослідних організацій, наукових та науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів, магістрантів, студентів вищих навчальних закладів, інженерно-технічних працівників установ, організацій та підприємств транспортної галузі.

**UDK 626**

Results of researches, which are made in Ukrainian State University of Science and Technologies and other organizations in the fields of formation and effective operation of the constituent elements of the transport sector, its material and technical base development, freight and commercial operation improvement are presented in the articles.

The collection is intended for the research organizations employees, research and educational personnel, as well as for the doctoral candidates, postgraduates and for the higher school students, engineering employees of organizations and enterprises of transport industry.

© Український державний університет  
науки і технологій, 2022

## ЗМІСТ

**Н. О. ЛУЖАНСЬКА, І. Г. ЛЕБІДЬ, Є. М. ЛЕБІДЬ**

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ МИТНО-ЛОГІСТИЧНОГО  
ОБСЛУГОВУВАННЯ ТОВАРІВ РІЗНОЇ НОМЕНКЛАТУРИ ПРИ ВИКОНАННІ  
МІЖНАРОДНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ .....5

**А. В. КУДРЯШОВ, О. О. МАЗУРЕНКО, В. Д. КОМАР, Т. А. ГАЙДУК**

УДОСКОНАЛЕННЯ МАРШРУТНОЇ МЕРЕЖІ МІСТА МАРГАНЕЦЬ .....12

**В. Г. ДЖЕНЧАКО, Г. В. МАСЛАК**

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ФУНКЦІЙ ТРАНСПОРТНО – ВАНТАЖНОГО  
КОМПЛЕКСУ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА .....21

**В. С. ВОРОПАЙ**

АНАЛІЗ НОРМАТИВНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ НАПІВВАГОНІВ-  
ХОПЕРІВ ПРИ ВИКОНАННІ «ГАРЯЧИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ» ЗА КОНТАКТНИМ  
ГРАФІКОМ .....28

**В. В. ГУДІМОВ, Є. А. МАКСИМЕНКОВ**

ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ,  
ІНШИХ ВІЙСЬКОВИХ ФОРМУВАНЬ ПІД ЧАС БОЙОВИХ ДІЙ .....33

**Г. П. КОВАЛЕНКО, А. М. НЕТЕСА, С. О. ЯКОВЛЕВ**

АНАЛІЗ ЗАСОБІВ І ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ КРІПЛЕННЯ  
СПЕЦІАЛЬНОЇ БУДІВЕЛЬНОЇ ТЕХНІКИ НА ЗАЛІЗНИЧНІЙ ПЛАТФОРМІ ..40

**В. Л. ГОРОБЕЦЬ, Д. М. КОЗАЧЕНКО, Р. В. ВЕРНИГОРА**

ІНЖИНІРИНГ КРИЗ ТА РИЗИКІВ ПЕРЕВЕЗЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ  
ВАНТАЖІВ .....46

**О. Ю. ПАПАХОВ, Н. О. ЛОГВІНОВА, В. В. ГУДІМОВ, Є. А.  
МАКСИМЕНКОВ**

АУТСОРСИНГ ТРАНСПОРТНО-ЕКСПЕДИЦІЙНИХ КОМПАНІЙ ДЛЯ  
ВИКОНАННЯ ЗАПЛАНОВАНИХ ОБСЯГІВ ПЕРЕВЕЗЕНЬ.....53

<b>Ю. В. ЗЕЛЕНЬКО, В. Е. ЧЕРКУДІНОВ, С. І. ЛЕВИЦЬКА</b> КОНЦЕПЦІЯ ЕКОЛОГІЗАЦІЇ МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ .....	58
<b>Є. А. МАКСИМЕНКОВ, В. В. ГУДІМОВ, О. Ю. ПАПАХОВ, Н. О. ЛОГВІНОВА</b> ШЛЯХИ ОПТИМІЗАЦІЇ ЧАСОВИХ ПОКАЗНИКІВ ПРИ ПЛАНУВАННІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВІЙСЬКОВИХ ЧАСТИН ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ ..	63
<b>О. В. ШКУРЕНКО, М. Є. ПЕРЕПІЧКО</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ВАРІАНТІВ ТРАНСПОРТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИРОБНИЧОЇ ІНТЕГРАЦІЇ В СИСТЕМІ «ПОРТ-ІНДУСТРІАЛЬНИЙ ПАРК»	69
<b>Д. М. КОЗАЧЕНКО, М. П. БОЖКО, М. І. БЕРЕЗОВИЙ, В. В. МАЛАШКІН</b> АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ПОЛОЖЕННЯ ГРАНИЧНИХ СТОВПЧИКІВ.....	75
<b>А. В. РАДКЕВИЧ, М. А. АРБУЗОВ, Є. В. АРБУЗОВА</b> ПРОГНОЗУВАННЯ РЕСУРСУ РОБОТИ РЕЙОК В РІЗНИХ УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЗАЛІЗНИЧНОЇ КОЛІЇ .....	81

УДК 656.135.073

Н. О. ЛУЖАНСЬКА<sup>1\*</sup>, І. Г. ЛЕБІДЬ<sup>2\*</sup>, Є. М. ЛЕБІДЬ<sup>3\*</sup>

<sup>1\*</sup>Кафедра «Міжнародні перевезення та митний контроль», Національний транспортний університет, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, м. Київ, 01010, Україна, тел. +38 (068) 811 61 21, ел. пошта: Natali.Luzhanska@gmail.com, ORCID 0000-0002-1271-8728

<sup>2\*</sup>Кафедра «Міжнародні перевезення та митний контроль», Національний транспортний університет, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, м. Київ, 01010, Україна, тел. +38 (068) 123 87 33, ел. пошта: i.h.lebed@gmail.com, ORCID 0000-0003-0707-4179

<sup>3\*</sup>Кафедра «Транспортне право та логістика», Національний транспортний університет, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, м. Київ, 01010, Україна, тел. +38 (073) 017 71 67, ел. пошта: eugene.lebed@gmail.com, ORCID 0000-0003-1794-8060

## СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ МИТНО-ЛОГІСТИЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТОВАРІВ РІЗНОЇ НОМЕНКЛАТУРИ ПРИ ВИКОНАННІ МІЖНАРОДНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

**Метою** роботи є оптимізація процесу митного оформлення товарів різної номенклатури на території митних постів вантажних митних комплексів. Запропонована розробка дозволить митним органам планувати штатну чисельність інспекторів, здатних забезпечити безперебійну роботу об'єкта інфраструктури з урахуванням рівня завантаженості та структури вантажопотоку. **Методика.** Оцінка якості митно-логістичного обслуговування товарів різної номенклатури при організації міжнародних перевезень виконувалась на основі імітаційної моделі, розробленої в програмному середовищі GPSS. **Результати.** Практичний досвід роботи митних органів свідчить про те, що в залежності від митного режиму в якому переміщується товар та його номенклатури прослідковуються зміни у тривалості виконання митних формальностей. Відповідно процедури пов'язані з виконанням митного оформлення та митного контролю за типами товарів будуть відрізнятися за своєю складністю, а отже впливатимуть на завантаженість митного інспектора. В свою чергу ефективність роботи митних органів формуватиме пропускну спроможність роботи вантажного митного комплексу та його структурних підрозділів. Основний сегмент замовників митно-логістичних послуг віддає перевагу в обслуговуванні об'єктам інфраструктури, де спостерігаються незначні черги очікування та мінімальний час виконання процесів без втрати якості сервісу. **Наукова новизна.** Розроблена імітаційна модель роботи митних інспекторів на території вантажного митного комплексу дозволяє здійснити оцінку ефективності діяльності митного поста та визначити оптимальну кількість фахівців для забезпечення роботи об'єкта інфраструктури. **Практична значимість.** Практична значимість роботи полягає в тому, що запропонована модель дозволяє здійснити оцінку завантаженості митних інспекторів з урахуванням структури вантажопотоку, до складу якого можуть входити товари різної номенклатури, що переміщується в різних митних режимах великими, середніми, малими та мікропідприємствами. Виходячи з результатів моделювання власник вантажного митного комплексу матиме можливість планувати матеріально-технічне та кадрове забезпечення об'єкта інфраструктури з метою надання якісного митно-логістичного сервісу, а відповідно, Державна митна служба організує роботу митного поста з урахуванням попиту суб'єктів зовнішньоекономічної діяльності на виконання митних формальностей.

*Ключові слова:* вантажний митний комплекс, митний пост, митний інспектор, експорт, імпорт, суб'єкт зовнішньоекономічної діяльності, митно-логістична послуга, імітаційна модель, товар, митне оформлення, митний контроль.

### Вступ

Діяльність вантажних митних комплексів, що функціонують в Україні, користується значним попитом серед споживачів митно-логістичних послуг. Серед основних причин можна виділити: можливість отримання комплексу послуг, здатних забезпечити технічні, технологічні та організаційні потреби зовнішньоторговельної операції та наявність на території даного об'єкта інфраструктури митного поста, де здійснюють свої посадові обов'язки працівники митних

органів, що виконують митні формальності стосовно товарів, що переміщуються у різних митних режимах.

На ринку України досить значна конкуренція серед транспортно-експедиторських, митно-брокерських та логістичних підприємств, що надають подібні послуги за орієнтовно однаковою вартістю. Суттєва відмінність в обслуговуванні цих підприємств полягає у якості та надійності сервісу, яким компанія здатна забезпечити свого споживача відповідно до його потреб. Такі критерії, як вартість та тривалість, при цьому,

мають орієнтовно однакові показники реалізації.

Рішення споживача стосовно комплексного обслуговування на вантажному митному комплексі або залучення до зовнішньоторговельної операції декількох суб'єктів транспортного ринку залежить від пропускнуої спроможності об'єкта інфраструктури, що значною мірою пов'язано з ефективністю роботи митних інспекторів на території митного поста вантажного митного комплексу [1-3].

### **Мета дослідження**

Кількість фахівців, що виконують митні формальності визначаються Державною митною службою України, виходячи з кількості запитів на митне оформлення, що надходили у попередні періоди та показниками тривалості обслуговування суб'єктів зовнішньоекономічної діяльності безпосередньо при виконанні митних формальностей, без урахування логістичного обслуговування. Оскільки, в переважній більшості саме черги на обслуговування впливають на прийняття рішення суб'єктом зовнішньоекономічної діяльності на якому вантажному митному комплексі здійснювати обслуговування. Тому, важливим елементом планування діяльності вантажного митного комплексу та митного поста на його території є організація роботи митних інспекторів, а також визначення доцільної кількості фахівців, здатних здійснювати митні формальності за умови існування мінімальних черг на обслуговування [4].

На сьогодні, в Україні відсутній єдиний підхід до планування кількості митних інспекторів для роботи на об'єкті митної інфраструктури. При цьому Державна митна служба повинна враховувати видатки на заробітну плату та інші виплати цим фахівцям, тому здебільшого приймається рішення про досить мінімальну кількість інспекторів.

### **Постановка завдання дослідження**

Основним чинником, що впливає на тривалість виконання митних формальностей є митний режим, у якому здійснюються зовнішньоторговельна операція. Кожна з них має свою процедуру та відповідні етапи виконання, що характеризуються власним документообігом та залученням фахівців необхідного профілю. Найбільш часто надходять вимоги на митне оформлення експортних та імпорتنих операцій. Залучення митних інспекторів до виконання митних формальностей при розміщенні товарів на митний склад або склад тимчасового зберігання, що

знаходяться на території вантажного митного комплексу вважається обслуговуванням клієнта об'єкта митної інфраструктури й тому здійснюється позачергово [5].

Чітких нормативів стосовно тривалості виконання митних формальностей немає, але самі фахівці митної служби відзначають, що на безпосереднє митне оформлення та митний контроль впливають різні чинники, серед яких:

- митний режим в якому переміщується товар – митні формальності, що здійснюються стосовно товарів в залежності від їх напрямку переміщення, можуть відрізнятися за своєю тривалістю у зв'язку з технологічними процедурами, які передбачаються до застосування в тому чи іншому випадку. Як серед клієнтів ВМК, так і не клієнтів митне оформлення може здійснюватися компаніями, що для провадження своєї господарської діяльності здійснюють або експортні або імпорتنі операції, децю менша частка займається як експортом, так і імпортом;

- найменування товару та його специфіка відповідно до коду товару, що передбачає підготовку відповідних документів та дотримання процедури перетину державного кордону з дотриманням вимог чинного законодавства;

- розмір підприємства – попит на митно-логістичні послуги серед суб'єктів зовнішньоекономічної обумовлюється їх розмірами та активністю діяльності, що впливатиме на кількість зовнішньоторговельних операцій, що потребуватимуть виконання митних формальностей. За розмірами підприємства, що здійснюють митні формальності можемо розподілити на наступні категорії: мікропідприємства; малі підприємства; середні підприємства; великі підприємства. Оскільки, у разі значних обсягів робіт підприємства звертаються до послуг одного і того самого вантажного митного комплексу, чим власне і впливають на зростання завантаженості об'єкта інфраструктури та митних інспекторів;

- ступінь довіри з боку митних органів до прозорості та правомірності діяльності окремого підприємства, про це свідчить його досвід та ділова репутація у виконанні зовнішньоторговельних операцій, які відображаються в автоматизованій системі управління ризиками;

- напрямок діяльності підприємства – кожна галузь діяльності має свої специфічні риси та характеристики діяльності, тому відповідно і ті товари, що потребують митного оформлення можна розділити на підприємства, що провадять свою господарську діяльність в таких сферах, як: сільське господарства; промисловість; торгівля та послуги [6-7].

## Основний матеріал дослідження

З метою оптимізації роботи працівників митних органів на території вантажного митного комплексу представимо їх роботу у вигляді імітаційної моделі, що дасть можливість визначити рівень завантаженості персоналу митниці з урахуванням структури вантажопотоку, що надходить від клієнтів вантажного митного комплексу для виконання митних формальностей. Дана модель дозволить здійснити оцінку ефективності роботи митних органів на території вантажного митного комплексу та визначити оптимальну кількість працівників митних органів для забезпечення роботи даного об'єкта митної інфраструктури [8].

Метою моделювання є створення імітаційної моделі роботи митних органів на території ВМК для визначення:

- оптимальної кількості працівників митних органів для забезпечення роботи вантажного митного комплексу;
- залежності тривалості виконання митного оформлення і митного контролю від типу підприємств за напрямком діяльності та статусу підприємств стосовно ВМК;
- середнього часу обслуговування з урахуванням часу очікування в черзі; довжини черг; тривалості очікування;
- кількості декларацій за товарами різної номенклатури, що можуть бути оформлені за один робочий день, та за типами й напрямками діяльності підприємств.

**Параметрами моделі X** (які можна змінювати в ході натурних експериментів) є інтенсивності  $\gamma$  надходження запитів на митне оформлення від підприємств:

- $\alpha_i$ , % – за видом операцій, що виконують (імпорт; експорт; імпорт та експорт);
- $\beta_i$ , % – за розмірами (мікропідприємства; малі підприємства; середні підприємства, великі підприємства);
- $\lambda_i$ , % – за напрямками діяльності (сільське господарство; промисловість; торгівля; послуги).

**Змінними моделі G** (які можна вимірювати, але не можна ними керувати, приймають ті значення, які характерні тільки для даного об'єкта моделювання або умов його функціонування) є:

- час митного обслуговування, залежно від типу заявки  $m_i \pm \sigma_i$ ;
- кількість митних інспекторів,  $n$ .

**Вихідними характеристиками – відгуками моделі Y**, є статистики моделювання:

- середній час ( $t_k$ ) обслуговування з урахуванням часу очікування у черзі;

- середня довжина черги ( $\eta_k$ );
- час простою в черзі ( $w_k$ );
- кількість заявок, обслужених без простою у чергах ( $v_k$ ), %;
- коефіцієнт завантаження інспекторів ( $\psi$ ).

В якості показників ефективності, що визначають мету моделювання приймаємо:

- середній час виконання митних формальностей за типами підприємств та напрямком діяльності;
- кількість декларацій за типами, що можуть бути оформлені за один робочий день, за типами та напрямками діяльності [9].

Для оцінки часу роботи митних органів використовувалися методи дисперсійного аналізу (ANOVA – Analysis of Variation), які використовуються для перевірки значущості різниці між середніми у різних групах за допомогою порівняння дисперсій цих груп. Поділ загальної дисперсії на кілька дозволяє порівняти дисперсію, викликану різницею між групами, з дисперсією, викликану внутрішньогруповою мінливістю [10-11].

Для оцінки статистичного зв'язку між видом заявки (видом операції; за типами підприємств; напрямком діяльності) та середнім часом обслуговування заявки митними органами у програмі «Statistica» [12] використовувалися критерій Краскела-Уолліса, який призначений для оцінки відмінностей середніх кількох вибірок за рівнем будь-якої ознаки, і критерій Фішера, що використовується для оцінки відмінностей дисперсій кількох вибірок.

На рис. 1 наведено діаграму розмаху середнього часу обслуговування митними органами залежно від напрямку діяльності під час здійснення операції імпорту.

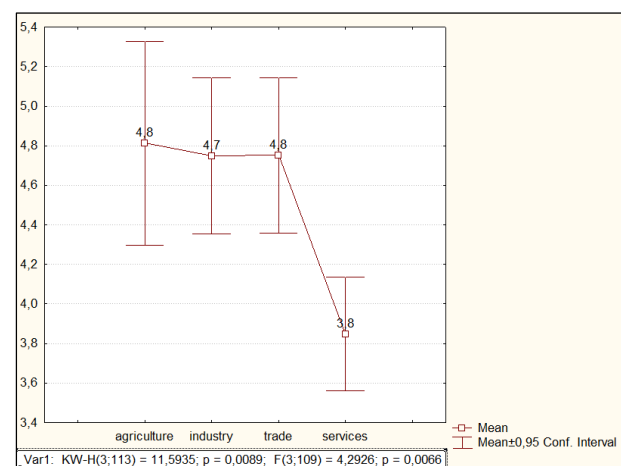


Рис. 1. Діаграма розмаху середнього часу обслуговування митними органами залежно від напрямку діяльності під час операції імпорту

Результати розрахунків (див. рис. 1) показали, що за критеріями Краскела-Уолліса та Фішера  $p < 0,05$ , що свідчить про значущість впливу виду операції та напрямки діяльності на середній час обслуговування заявки митними органами. Результати дисперсійного аналізу також показали, що середній час обслуговування заявки митними органами не залежить від типу підприємства ( $p > 0,05$ ).

Таким чином, при моделюванні процесу обслуговування необхідно враховувати різний час обслуговування в залежності від виду операції та напрямку діяльності.

Для оцінки ефективності роботи митних органів на території вантажного митного комплексу пропонується математична модель масового обслуговування (рис. 2).

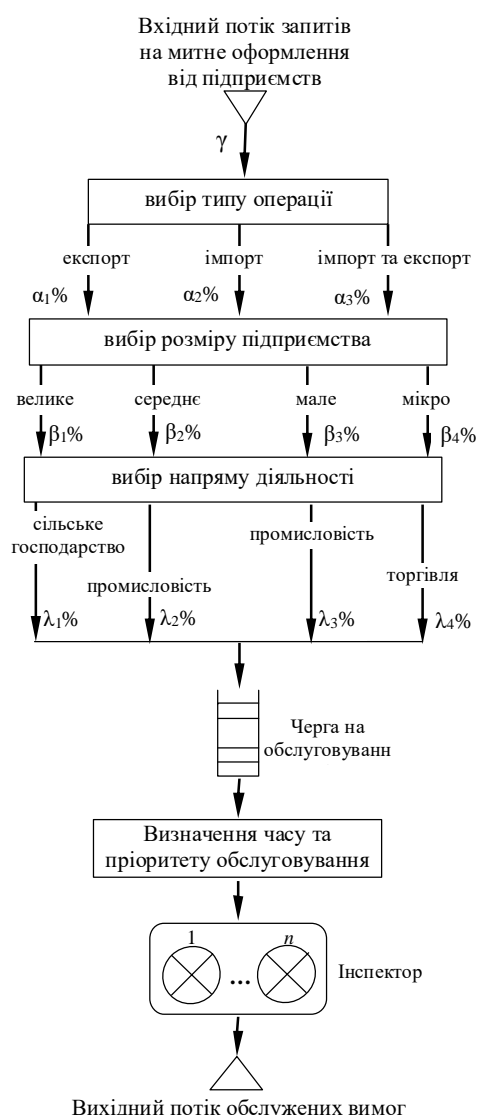


Рис. 2. Блок-схема обслуговування заявки митними органами

На митне оформлення від підприємств надходять заявки з інтенсивністю  $\gamma$ , для яких  $\alpha_i$  % – вид операції (імпорт, експорт, імпорт і експорт),  $\beta_i$  % – розмір підприємства (мікропідприємства; малі підприємства; середні підприємства, великі підприємства),  $\lambda_i$  % – напрямком діяльності (сільське господарство; промисловість; торгівля; послуги). Заявки, що надійшли, чекають обслуговування в черзі. При надходженні обслуговування визначаються параметри заявки: середнє і середньоквадратичне відхилення  $m_i \pm \sigma_i$  часу обслуговування, пріоритет заявки. Час обслуговування однієї заявки митним інспектором підпорядкований нормальному закону розподілу із середнім значенням  $m_i$  та середньоквадратичним відхиленням  $\sigma_i$ . Після обслуговування формується вихідний потік заявок.

Запропонована модель масового обслуговування реалізована у пакеті автоматизації імітаційного моделювання GPSS World [12, 13].

Перевірка адекватності імітаційної моделі реального об'єкта проводиться у разі, коли можна визначити значення відгуків системи під час натурних випробувань.

Результати моделювання – середній час обслуговування підприємств митними органами на ВМК, включаючи час простою у черзі, представлені у табл. 1.

Таблиця 1

**Результати моделювання під час обслуговування підприємств на ВМК**

Час обслуговування інспектором, включаючи час простою в черзі, годину  
(Середнє значення часу обслуговування  $\pm$  середньоквадратичне відхилення)

Підприємства	Великі	Середні	Малі	Мікро
Експорт, Сільське господарство	10,81 $\pm$ 1,85	11,23 $\pm$ 1,94	11,45 $\pm$ 2,03	11,86 $\pm$ 2,17
Експорт, промисловість	9,20 $\pm$ 2,23	9,44 $\pm$ 2,25	9,88 $\pm$ 2,37	10,08 $\pm$ 2,54
Експорт, торгівля	11,41 $\pm$ 5,78	11,64 $\pm$ 5,90	11,95 $\pm$ 5,99	12,03 $\pm$ 6,02
Експорт, послуги	10,55 $\pm$ 2,08	10,28 $\pm$ 2,08	10,95 $\pm$ 2,19	11,35 $\pm$ 2,19
Імпорт, сільське господарство	5,16 $\pm$ 0,79	5,23 $\pm$ 0,83	5,59 $\pm$ 0,95	5,72 $\pm$ 1,03
Імпорт, промисловість	5,30 $\pm$ 0,71	5,44 $\pm$ 0,86	5,51 $\pm$ 0,93	5,68 $\pm$ 1,12
Імпорт, торгівля	5,29 $\pm$ 0,71	5,38 $\pm$ 0,97	5,79 $\pm$ 1,03	6,01 $\pm$ 1,13
Імпорт, послуги	4,52 $\pm$ 0,90	4,67 $\pm$ 1,12	4,95 $\pm$ 1,38	5,03 $\pm$ 1,49



Гістограми часу обслуговування підприємств під час здійснення експорту та імпорту наведено на рис. 2-5.

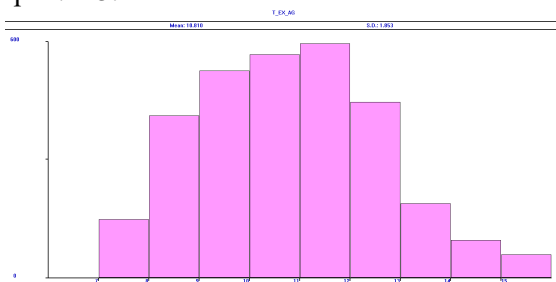


Рис. 2. Розподіл часу обслуговування великих підприємств на вигляд операції експорт за напрямками діяльності сільське господарство

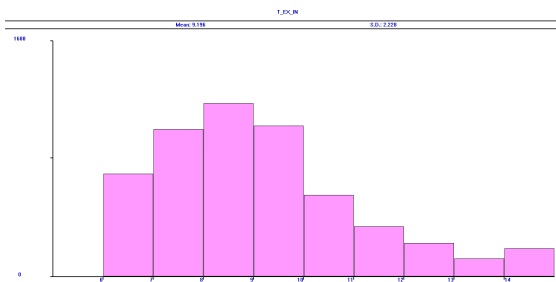


Рис. 3. Розподіл часу обслуговування великих підприємств на вигляд операції експорт за напрямками діяльності промисловість

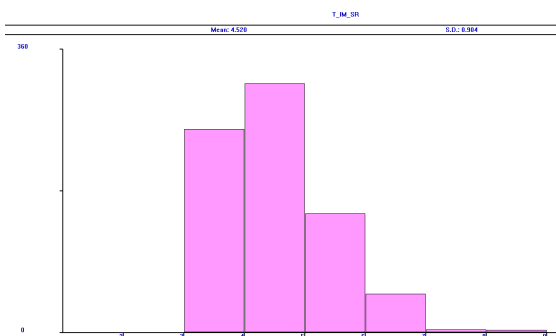


Рис. 4. Розподіл часу обслуговування великих підприємств на вигляд операції імпорт за напрямками діяльності торгівля

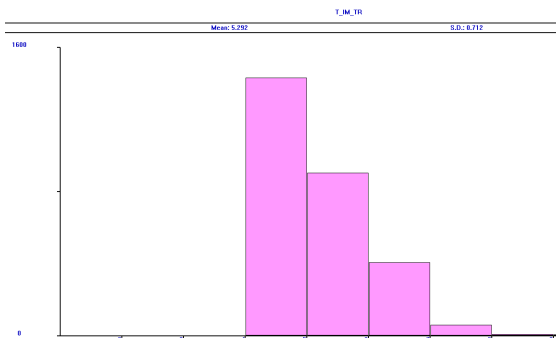


Рис. 5. Розподіл часу обслуговування великих підприємств на вигляд операції імпорт за напрямками діяльності послуги

За звітами, отриманими внаслідок моделювання, визначено основні показники результатів моделювання та розраховано величину втрати часу запитів заявок на обслуговування у чергах (табл. 2).

Таблиця 2

**Результати моделювання під час обслуговування підприємств на ВМК**

Види заявок	Середній час простою в черзі $w_k$ , год	Середня довжина черги, $\eta_k$	Підприємства, обслужені без простою у черзі, % $v_k$
Експорт, сільське господарство	0,882	0,122	30,3
Експорт, промисловість	1,399	0,338	33,8
Експорт, торгівля	1,552	0,138	31,1
Експорт, послуги	1,448	0,036	30,8
Імпорт, сільське господарство	0,351	0,190	32,0
Імпорт, промисловість	0,547	0,70	36,6
Імпорт, торгівля	0,544	0,70	37,4
Імпорт, послуги	0,681	0,024	25,6
Коефіцієнт завантаження інспекторів ( $\psi$ , %)	0,963	Середня кількість завантажених інспекторів ( $\rho$ )	7,706

Аналізуючи отримані результати моделювання, кількість інспекторів на ВМК, рівних 8 для обслуговування підприємств, є оптимальною. Середній час простою у черзі реалізації операції експорт становить 79 хвилин, реалізації операції імпорт – 32 хвилини, середня довжина черги – менше ніж 1. У цьому коефіцієнт завантаження інспекторів становить 0,96, а середнє число зайнятих інспекторів – 7,7 з 8.

**Висновки**

Взаємодія Державної митної служби та приватних підприємств полягає у формуванні сприятливих умов співпраці при здійсненні зовнішньоторговельних операцій. В даному дослідженні запропоновано шляхи погодження дій митних органів та власника вантажного митного комплексу стосовно організації роботи митного поста на його території з урахуванням завантаженості інспекторів при виконанні митних

формальностей за умови переміщення товарів різної номенклатури. Перевагою розробки є те, що вдалося розробити імітаційну модель роботи митних інспекторів, що обслуговують суб'єктів зовнішньоекономічної діяльності на вантажному митному комплексі. Імітаційну модель реалізовано в пакеті автоматизації моделювання GPSS World, яка дає змогу визначити рівень завантаженості об'єкта дослідження з урахуванням структури вантажопотоку, що формується замовниками митно-логістичних послуг. Крім того, розробка дозволяє оцінити ефективність діяльності митних органів на території вантажного митного комплексу та визначити оптимальну кількість митних інспекторів для забезпечення функціонування цього об'єкта митної інфраструктури.

#### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Кузьменко А.В. Аналіз оцінки рівня наявних об'єктів транспортно-логістичної інфраструктури підприємства // Економіка і суспільство. 2017. Вип. 9. С. 484-490.
2. Очеретенко С. В., Дмитрієва К. С. Дослідження питання удосконалення системи доставки вантажів у міжнародному сполученні на автотранспортних підприємствах // Комунальне господарство міст. Серія: технічні науки та архітектура. 2018. Вип. 140. С. 76-80.
3. Методологія формування транспортно-митної інфраструктури в Україні : монографія / Пасічник А. М. та ін. Дніпропетровськ : УМЦФ, 2016. 168 с.
4. Неліпович О. В. Руда Т. В., Попель С. А. Митні технології та логістичні системи у забезпеченні митного контролю // Митна безпека. 2014. № 2. С. 17-23.
5. Luzhanska N. Impact of the Cargo Customs Complex Efficiency on the Supply Chain Reliability // Journal of Sustainable Development of Transport and Logistics. 2020. № 1 (5). P. 96-102. DOI: <http://dx.doi.org/10.14254/jsdtl.2020.5-1.9>
6. Luzhanska N. Simulation and optimization of freight customs complexes based on queueing systems // Transport systems and transportation technologies. 2020. №19. С. 37-42. DOI: <https://doi.org/10.15802/tstt2020/208693>
7. Luzhanska N. O. Improvement of Operational Efficiency of Cargo Customs Complexes : Thesis for a Candidate Degree in Engineering Science : 05.22.01 / NTU. Kyiv, 2021. 204 p.
8. Pasichnyk A., Mallnow V., Kutyrev V. Customs restricted facilities within the logistics transport and customs complex // Customs Scientific Journal CUSTOMS. 2017. Vol.7. № 2. P. 31-53.
9. Mazurenko A., Kudriashov A., Lebid I., Luzhanska N., Kravchenya I., Pitsyk M. Development of a simulation model of a cargo customs complex operation as a link of a logistic supply chain // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies: Control processes. 2021. Vol. 5, No. 3 (113). 19-29. doi: 10.15587/1729-4061.2021.242915
10. Luzhanska, N.; Kotsiuk, O.; Lebid, I.; Kravchenya, I.; Demchenko, Ye. 2019. The influence of customs and logistics service efficiency on cargo delivery time. Proceedings of the National Aviation University 3 (80): 78-91. <https://doi.org/10.18372/2306-1472.80.14277>
11. Biljan, J.; Trajkov, A. 2012. Risk Management and Customs Performance Improvements: The Case of the Republic of Macedonia. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 44, 301-313. doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.05.033
12. Statistica 13.3. Computer program. Serial number JRR709H998119TE-A.
13. GPSS World Reference Manual / Minuteman Software (2001). Holly Springs NC, 305.

Надійшла до редколегії 07.11.2022.

Прийнята до друку 17.11.2022.

N. LUZHANSKA, I. LEBID, E. LEBID

### SYSTEM ANALYSIS OF QUALITY ASSURANCE OF CUSTOMS AND LOGISTICS SERVICE OF GOODS OF DIFFERENT NOMENCLATURE DURING INTERNATIONAL TRANSPORTATION

**Aim.** The study intends to optimize customs clearance formalities for goods of various nomenclature in the territory of customs checkpoints of freight customs complexes. The proposed development will allow customs authorities to plan the staffing level of inspectors capable of ensuring the uninterrupted operation of the infrastructure facility, taking into account the utilized capacity and the cargo flow structure. **Methods.** The quality assessment of the customs and logistics service of goods of various nomenclature in the organization of international transportation is carried out on the basis of a simulation model developed in the GPSS software environment. **Results.** The practical experience of customs authorities shows that the customs regime in which the goods are moved and their nomenclature bring about changes in how long customs formalities take. Accordingly, the procedures related to customs clearance and customs control by the types of goods will differ in their complexity, and therefore will affect the customs inspector's workload. In turn, customs authorities' working efficiency will shape the capacity of the freight customs complex and its structural subdivisions. The main segment of customs and logistics service customers chooses infrastructure

facilities, where there are small waiting lines and minimal procedure time without the loss of service quality. **Scientific novelty.** The developed simulation model of customs inspectors` work in the territory of the freight customs complex makes it possible to evaluate the effectiveness of the customs checkpoint as well as to determine the optimal staffing level to ensure the operation of the infrastructure facility. **Practical implications.** The practical implications of the work lie in the fact that the proposed model makes it possible to assess customs inspectors` workload taking into account the structure of the cargo flow, which may include goods of different nomenclature that are moved in different customs regimes by large-, medium-, small- and micro-sized enterprises. Based on the results of the simulation, the owner of a freight customs complex will have the opportunity to plan its material, technical and staffing support in order to provide high-quality customs and logistics services, and accordingly, the State Customs Service will organize the work of the customs checkpoint taking into account the demand of entities engaged in foreign economic activities for completing customs formalities.

*Keywords:* freight customs complex, customs checkpoint, customs inspector, export, import, entities engaged in foreign economic activities, customs and logistics service, simulation model, goods, customs clearance, customs control.

УДК 656.072

А. В. КУДРЯШОВ<sup>1\*</sup>, О. О. МАЗУРЕНКО<sup>2\*</sup>, В. Д. КОМАР<sup>3\*</sup>, Т. А. ГАЙДУК<sup>4\*</sup>

<sup>1\*</sup>Кафедра «Транспортні вузли», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, 49010, м. Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 373-15-12, ел. пошта andkyd81@gmail.com, ORCID 0000-0002-5965-3378

<sup>2\*</sup>Кафедра «Транспортні вузли», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, 49010, м. Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 373-15-12, ел. пошта oamazurenko@gmail.com, ORCID 0000-0001-5591-1790

<sup>3\*</sup>Студентка групи УА2121, Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, 49010, м. Дніпро, Україна, тел. +38 (066) 886-85-53, ел. пошта vladaKOMAR36@gmail.com

<sup>4\*</sup>Студентка групи УА20120, Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, 49010, м. Дніпро, Україна, тел. +38 (066) 928-33-14, ел. пошта tanyagaiduk2019@gmail.com

## УДОСКОНАЛЕННЯ МАРШРУТНОЇ МЕРЕЖІ МІСТА МАРГАНЕЦЬ

**Мета.** Виконати формування нової маршрутно-транспортної мережі м. Марганець та порівняльну оцінку маршрутів діючої і запропонованої маршрутно-транспортної мережі. **Методика.** Проектування раціональної маршрутно-транспортної мережі здійснювалося за допомогою методів комбінаторного аналізу, теорія графів використовувалася для розробки топологічної схеми маршрутів, на підставі аналітичних методів виконано пошук та остаточний вибір маршрутів «кандидатів». **Результати.** Виконано формування вихідної маршрутно-транспортної мережі м. Марганець; виконано перевірку дільничних маршрутів на відповідність максимально допустимого інтервалу руху; здійснено пошук маршрутів «кандидатів», що задовольняють умові неперевищення максимально допустимого інтервалу; розроблено раціональну маршрутно-транспортну мережу м. Марганець за допомогою методу спрямованого відбору; визначено витрати часу пасажирів на пересування маршрутною мережею; виконано порівняльну оцінку ефективності існуючих та розроблених маршрутів. **Наукова новизна.** Виконане дослідження процесу перевезення пасажирів по транспортній мережі м. Марганець дозволило виконати вдосконалення пасажирської маршрутно-транспортної мережі для підвищення якості транспортного обслуговування населення міста. **Практична значимість.** Практична значимість роботи полягає в тому, що впровадження розробленої раціональної пасажирської маршрутно-транспортної мережі дозволить покращити якість транспортного обслуговування населення м. Марганця, зменшити витрати часу пасажирів на підхід до зупиночних пунктів та підвищити якість обслуговування пасажирів.

*Ключові слова:* транспортна мережа, матриця кореспонденцій, інтервал руху, епюра пасажиропотоків, удосконалення.

### Вступ та постановка задачі

Пасажирський автомобільний транспорт це один із основних та найпоширеніших видів міського пасажирського транспорту в Україні. Він широко обслуговує транспортні потреби міського населення, забезпечує масові та індивідуальні перевезення пасажирів парком автобусів, який щороку зростає [1, 2].

Серед усіх видів пасажирських перевезень перевагу мають міські автобусні перевезення, які є наймасовішими. Задовольняючи потреби населення у перевезеннях, автобусні перевезення впливають на рівень продуктивності праці та побутового обслуговування, розвиток культури та дозвілля. У зв'язку з цим удосконалення міських автобусних перевезень має важливе соціальне значення [3, 4].

Незадовільне функціонування транспорту суттєво відбивається на економіці міста, тобто на роботі підприємств, установ, магазинів, шкіл, а також життя громадян. Сьогодні потреба населення у перевезеннях задовольняється не

повністю: необхідне підвищення комфортності поїздок та вирішення першочергових проблем технічного та технологічного забезпечення міського транспорту [5, 6].

Вирішення багатьох транспортних завдань залежить від ефективності маршрутно-транспортної мережі, адже сукупність маршрутів пасажирських перевезень на транспортній мережі пов'язана територіально та в часі. Створення маршрутно-транспортної мережі є однією з найважливіших проблем у організації пасажирських перевезень оскільки від її формування значною мірою залежить ефективність використання транспортних засобів і якість транспортного обслуговування [7, 8].

В [9] було виконано аналіз сучасного стану існуючої маршрутно-транспортної мережі (МТМ) м. Марганець; розроблена топологічна схема міста; представлена характеристика діючих міських маршрутів; визначені ємності транспортних районів, розрахована матриця міжрайонних кореспонденцій; виконано оцінку діючої

маршрутної мережі, сформована вихідна маршрутна мережа; визначені витрати часу на підхід до зупиночних пунктів. Отримані результати свідчать про низьку якість транспортного обслуговування населення м. Марганець і дає підставу припустити, що існуюча маршрутно-транспортна мережа вимагає модернізації.

Для модернізації необхідно виконати формування нової маршрутно-транспортної мережі в яку увійдуть маршрути, що задовольняють достатньої умові призначення безпересадочних наскрізних маршрутів, а також дільничні маршрути, що не збігаються ні з одним з наскрізних. Також треба виконати порівняльну оцінку маршрутів діючої і запропонованої маршрутно-транспортної мережі м. Марганець, що дозволить зробити висновок про ефективність нової мережі.

### Основна частина

#### 1. Формування вихідної маршрутної мережі

Було прийнято рішення про проектування регіональної МТМ Марганець за допомогою методу спрямованого відбору, в основі якого лежать математичні методи комбінаторного аналізу, що дозволяють знаходити оптимальне рішення з ймовірністю 95-98%. [10, 11].

Сутність методу спрямованого відбору полягає в тому, що на початковому етапі формується вихідна МТМ, яка задовольняє мінімальним вимогам, що пред'являються до якості перевізного процесу, яка потім постійно модернізується.

В якості вихідної маршрутної схеми приймається схема, в яку входять маршрути, що задовольняють достатньої умови призначення безпересадкових наскрізних маршрутів, а також дільничні маршрути, що не збігаються з жодним наскрізним.

Як наскрізного маршруту розглядається маршрут, що з'єднує центри трьох і більше транспортних районів за найкоротшим виходячи з витрат часу на проходження шляху.

Достатньою умовою для призначення наскрізного маршруту є задоволення природної вимоги, щоб час очікування пасажиром автобуса на початковому пункті маршруту був би меншим за час, який він повинен витратити в пункті пересадки, якщо такого маршруту не буде.

Достатня умова для призначення наскрізного маршруту має такий вигляд

$$\frac{c \cdot q^H \cdot T_p}{\xi} \cdot \frac{1}{H_{ij}^{\max}} \leq \min(t_{i+1,j-1}^{\text{пер}}), \quad (1)$$

де  $c$  – коефіцієнт нерівномірності підходу пасажирів до зупинного пункту,  $c = 0,5$ ;

$q^H$  – номінальна пасажиромісткість,  $q^H = 18$  пас.;

$T_p$  – тривалість розрахункового періоду доби,  $T_p = 60$  хв.;

$\xi$  – коефіцієнт внутрішньогодинної нерівномірності пасажиропотоку,  $\xi = 1,1$ ;

$H_{ij}^{\max}$  – число пасажирів, які проїжджають між кінцевими пунктами  $i$  і  $j$  маршруту, що призначається в напрямку максимального пасажиропотоку:  $H_{ij}^{\max} = \max[H_{ij}, H_{ji}]$

$t_{i+1,j-1}^{\text{пер}}$  – витрати часу одного пасажирів на пересадку в проміжних транспортних районах наскрізного маршруту, що призначається,  $t_{i+1,j-1}^{\text{пер}} = 8$  хв.

Маршрути, що відповідають умові (1), включаються у вихідний варіант маршрутної транспортної мережі.

Наведемо приклад розрахунку всім можливих наскрізних маршрутів, які з транспортного району №1 (Вокзал).

– Вокзал → Куйбишева → Інститут:

$$\frac{60 \cdot 0,5 \cdot 18}{1,1} \cdot \frac{1}{82} = 6,0 < 8 \quad \text{включається};$$

– Вокзал → Центр → Сонячний:

$$\frac{60 \cdot 0,5 \cdot 18}{1,1} \cdot \frac{1}{69} = 7,1 < 8 \quad \text{включається};$$

– Вокзал → Кінотеатр → Міськрада → Держбуд:

$$\frac{60 \cdot 0,5 \cdot 18}{1,1} \cdot \frac{1}{65} = 7,6 < 8 \quad \text{включається};$$

Результати розрахунків інших наскрізних маршрутів на відповідність достатній умові (1) представлені у табл. 1.

Відповідно до отриманих результатів умова (1) виконується для наступних наскрізних маршрутів:

– Куйбишева → Інститут → Сонячний;

– Пилорама → Ворошилівка → Сонячний.

В результаті до вихідної МТС було включено п'ять наскрізних маршрутів:

– Вокзал → Куйбишева → Інститут;

– Вокзал → Центр → Сонячний;

– Вокзал → Кінотеатр → Міськрада → Держбуд;

– Куйбишева → Інститут → Сонячний;

– Пилорама → Ворошилівка → Сонячний.

Таблиця 1

Назва району		Прибуття									
		Вокзал	Куйбишева	Інститут	Сонячний	Ворошилівка	Пілорама	Держбуд	Міськрада	Кінотеатр	Центр
Відправлення	Вокзал			6,0	7,1	13,3	19,6	7,6	12,6		
	Куйбишева				6,4	11,2	17,5	13,6	24,6		16,9
	Інститут	7,9						13,6	28,9	20,5	
	Сонячний	7,7	7,8				10,2	8,6	21,3	16,4	
	Ворошилівка	10,9	10,4					9,6	25,8	23,4	
	Пілорама	12,3	12,3		5,9				16,4	22,3	
	Держбуд	9,4	18,9	12,6	9,8	14,4				12,6	
	Міськрада	11,2	24,6	18,9	16,9	27,3	22,3				27,3
	Кінотеатр			13,3	12,9	24,6	30,7	8,8			
	Центр		11,4						18,2		

Також вводимо у вихідну маршрутну мережу такі дільничні маршрути, що не збігаються з жодним наскрізним:

- Кінотеатр → Куйбишева;
- Кінотеатр → Центр;
- Центр → Держбуд;
- Центр → Пілорама;
- Центр → Ворошилівка;
- Інститут → Пілорама;
- Ворошилівка → Інститут;
- Центр → Інститут;
- Держбуд → Пілорама.

Таким чином, вихідна маршрутна транспортна мережа складається з 5 наскрізних та 9 дільничних маршрутів.

2. *Перевірка дільничних маршрутів на відповідність максимально допустимому інтервалу руху*

Перевірки підлягають ті дільничні маршрути, які збігаються з наскрізними і проходять через пункти, між якими є можливість проїзду іншим маршрутом (тобто. через проміжні ТР).

Для розрахунку інтервалу руху автобусів приймається напрям з найбільшим пасажиропотоком  $H_{ij}^{\max}$ . Інтервал руху визначається за формулою:

$$I_{ij} = \frac{T_p \cdot q^H}{H_{ij}^{\max}}, \text{ хв} \quad (2)$$

Оскільки максимальний інтервал руху, що задається, дорівнює 15 хвилин, то маршрути з

інтервалом руху більше 15, хв. з МТМ виключаються (тут і далі з метою збереження наочності розрахунків, що виконуються, замість назв транспортних районів використовуються їх порядкові номери).

$$1-2: \quad I_{1-2} = \frac{60 \cdot 18}{86} = 12,6 \text{ хв} < 15 \text{ хв} \quad +$$

$$1-9: \quad I_{1-9} = \frac{60 \cdot 18}{59} = 18,3 \text{ хв} > 15 \text{ хв} \quad -$$

$$1-10: \quad I_{1-10} = \frac{60 \cdot 18}{38} = 28,4 \text{ хв} > 15 \text{ хв} \quad -$$

$$2-3: \quad I_{2-3} = \frac{60 \cdot 18}{222} = 4,9 \text{ хв} < 15 \text{ хв} \quad +$$

$$3-4: \quad I_{3-4} = \frac{60 \cdot 18}{87} = 12,4 \text{ хв} < 15 \text{ хв} \quad +$$

$$5-6: \quad I_{5-6} = \frac{60 \cdot 18}{57} = 18,9 \text{ хв} > 15 \text{ хв} \quad -$$

Проведемо подібні розрахунки інших дільничних маршрутів, включених у вихідну МТМ. Отримані дані відповідності максимальному інтервалу представлені у табл. 2.

Згідно з отриманими даними, максимально можливий інтервал буде витриманий при введенні наступних дільничних маршрутів (які не співпадають з жодним наскрізним):

- Ворошилівка → Інститут;
- Центр → Інститут;
- Центр → Держбуд;
- Держбуд → Пілорама.

Таблиця 2

Назва району	Прибуття									
	Вокзал	Куйбишева	Інститут	Сонячний	Ворошилівка	Пілорама	Держбуд	Міськрада	Кінотеатр	Центр
Відправлення	Вокзал		12,6						18,3	28,4
	Куйбишева	11,1		4,9					40,0	
	Інститут		7,3		12,4	20,8	31,8			30,0
	Сонячний			10,2		7,2				28,4
	Ворошилівка			12,7	5,5		18,9			34,8
	Пілорама			15,2		14,4		11,9		43,2
	Держбуд						23,5		12,3	24,5
	Міськрада							8,6		23,5
	Кінотеатр	15,9	38,6						23,0	
	Центр	16,9		13,3	15,2	25,1	40,0	14,9		23,0

Після перевірки дільничних маршрутів на максимально допустимий інтервал руху коригуємо вихідну маршрутну мережу, до якої входять наступні дев'ять маршрутів:

- Вокзал → Куйбишева → Інститут;
- Вокзал → Центр → Сонячний;
- Вокзал → Кінотеатр → Міськрада → Держбуд;
- Куйбишева → Інститут → Сонячний;
- Пілорама → Ворошилівка → Сонячний;
- Ворошилівка → Інститут;
- Центр → Інститут;
- Центр → Держбуд;
- Держбуд → Пілорама.

Відкоригована вихідна маршрутна транспортна мережа складається з 5 наскрізних та 4 дільничних маршрутів.

### 3. Пошук маршрутів «кандидатів»

В раціональну МТМ можуть бути включені додаткові наскрізні маршрути, що задовольняють умові неперевикнення максимально допустимого інтервалу з урахуванням пасажиропотоків, які можуть посилити цей маршрут за напрямом шляху його прямування. Виявлення пасажиропотоків цих маршрутів проводиться з урахуванням як власного пасажиропотоку, наступного від початкового до кінцевого пункту даного маршруту, а й з урахуванням тих пасажирів, які можуть обслуговуватися цим маршрутом за відсутності інших додаткових маршрутів.

Для розрахунку інтервалу вибирається напрямок із найбільшим сумарним пасажиропотоком. Наведемо приклад розрахунку всім можливим наскрізних маршрутів «кандидатів»:

Аналіз наскрізних маршрутів, що не потрапили у вихідну маршрутну мережу, показав, що 4 з них задовольняють умову неперевикнення максимально допустимого інтервалу руху:

- Вокзал → Кінотеатр → Міськрада;
- Сонячний → Ворошилівка → Пілорама;
- Ворошилівка → Пілорама → Держбуд;
- Держбуд → Міськрада → Кінотеатр.

Тобто вони є маршрутами «кандидатами», які при включенні їх до маршрутної транспортної мережі можуть зменшити витрати часу пасажирів на переміщення.

Аналіз шляхів прямування маршрутів «кандидатів» показав, що частина їх поглинаються іншими маршрутами «кандидатами» чи наскрізними маршрутами, включеними в маршрутну мережу.

Таким чином, маршрутами «кандидатами» для оптимізації вихідної маршрутної мережі призначаємо наступний маршрут: Ворошилівка → Пілорама → Держбуд.

Знаючи специфіку та забудову міста Марганець, пропонується внести деякі управлінські рішення до скоригованої МТМ. Для цього пропонується об'єднати дільничні та наскрізні маршрути (місто досить маленьке, щоб у ньому була велика кількість маршрутів, особливо

дільничних, їх довжини невеликі і при цьому експлуатаційна швидкість буде дуже маленькою і маршрути будуть нерентабельними).

Отриманий маршрут «кандидат» Ворошилівка → Пілорама → Держбуд буде виключено з подальших розрахунків, так як він був поглинений іншими маршрутами, які були сформовані за допомогою запровадження управлінських рішень у скориговану МТМ.

У результаті отримуємо раціональну транспортну мережу, до якої увійшли такі маршрути (рис. 1):

№1 «Вокзал – Куйбишева – Інститут – Сонячний – Ворошилівка»;

№2 «Вокзал – Кінотеатр – Міськрада – Держбуд – Пілорама – Ворошилівка»;

№3 «Вокзал – Центр – Сонячний»;

№4 «Держбуд – Центр – Інститут – Ворошилівка».

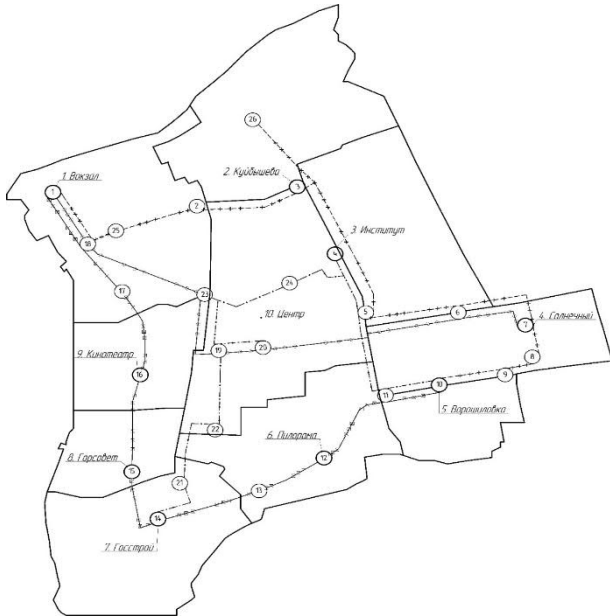


Рис. 1. Раціональна маршрутна транспортна мережа міста Марганець

#### 4 Удосконалення раціональної вихідної маршрутної мережі

Основним показником, що характеризує роботу будь-якої маршрутної пасажирської мережі, є сумарні витрати часу пасажирів на пересування, пересадки та очікування транспортних засобів.

Виходячи з отриманої раціональної мережі м. Марганець переглядаємо час підходу до зупинкових пунктів по районах та заносимо результати до табл. 3.

Нові зони пішохідних пересування для раціональної мережі, що перевищують п'ять хвилин, зображені на рис. 2 (заштриховані зони пішохідних пересування пасажирів понад п'ять

хвилин).

Таблиця 3

Назва району	Вокзал	Куйбишева	Інститут	Сонячний	Ворошилівка	Пілорама	Держбуд	Міськрада	Кінотеатр	Центр
Вокзал	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Куйбишева	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Інститут	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Сонячний	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Ворошилівка	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Пілорама	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Держбуд	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Міськрада	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Кінотеатр	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Центр	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

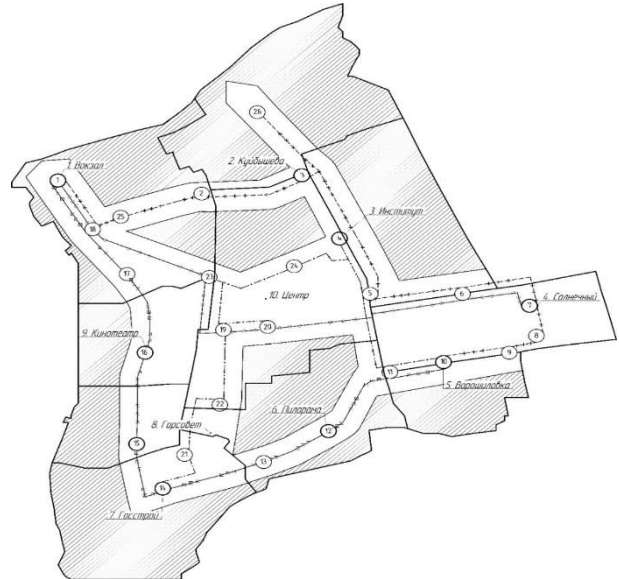


Рис. 2. Зони пішохідних пересування розробленої мережі міста Марганець

Час, що витрачається всіма пасажирами на рух та пересадки (час прямування) по всій МТМ можна визначити як

$$T_{ij}^{сл} = \frac{(t_{ij}^{рух} + t_{ij}^{пер}) \cdot N_{ij}}{60} \quad (3)$$

Наведемо приклад розрахунку для деяких кореспонденцій, що формуються у транспортному районі №1 (Центр):

$$T_{12}^{сл} = \frac{12 \cdot 86}{60} = 17,2 \text{ пас} \cdot \text{год}$$

$$T_{13}^{сл} = \frac{14 \cdot 82}{60} = 19,1 \text{ пас} \cdot \text{год}$$



$$T_{14}^{сл} = \frac{20 \cdot 69}{60} = 23 \text{ пас-год}$$

$$T_{15}^{сл} = \frac{19 \cdot 37}{60} = 11,7 \text{ пас-год}$$

Аналогічно розраховуємо сумарний час для пересування між іншими пунктами. Результати розрахунків представлені у табл. 4.

Таблиця 4

Назва району	Прибуття											
	Вокзал	Куйбишева	Інститут	Сонячний	Ворошилівка	Пілорама	Держбуд	Міськрада	Кінотеатр	Центр	Усього	
Відправлення	Вокзал		17,2	19,1	23	11,7	7,9	16,3	9,1	10,8	8,2	1 312,8
	Куйбишева	21		33,3	19,3	10,3	14,5	19,2	10,7	13,1	12,6	
	Інститут	16,5	24,7		20,3	11,3	17	17,4	7,7	10	7,2	
	Сонячний	20,3	13,7	19,4		19,9	20	27,6	11,5	15	7,6	
	Ворошилівка	15,8	11,8	18,4	36,1		11,4	13,6	5,4	6	6,7	
	Пілорама	14	21,3	35,5	38,7	15		18,2	7	5,9	12,5	
	Держбуд	14,7	14,3	18,9	26,7	9,1	9,2		14,7	7,8	5,3	
	Міськрада	12,5	11,3	12,1	16,4	5,4	5,5	22,9		8,4	9,3	
	Кінотеатр	14,7	14	15,4	20,9	5,7	4,3	11,2	7,8		17,1	
	Центр	12,8	17,2	12,2	14,2	7,2	12,2	8,8	12,2	22,7		

Сумарні витрати часу по раціональній маршрутній транспортній мережі становлять 1312,8 пас. год.

Однак, у зв'язку з тим, що в процесі оптимізації МТМ буде постійно змінювати свою конфігурацію, з метою скорочення трудомісткості обчислень, визначатимемо ці витрати приблизно, виходячи з міркувань, описаних у роботі [12].

При поїздках у прямому та зворотному напрямках час очікування пасажирів буде різним через те, що інтервали руху визначаються у напрямку з максимальним пасажиропотоком, а пасажирів, що прямують у зворотному напрямку, перевозитимуться при неповному використанні місткості автобуса і тим самим із відносно меншим інтервалом відправлення.

Тому суму витрат часу на очікування відправлення необхідно визначати з урахуванням співвідношення  $H_{ij}^{min} / H_{ij}^{max}$  за кожним призначеним маршрутом. Це відношення показує, наскільки меншим буде час очікування пасажирів, які прямують у зворотному напрямку, ніж час очікування пасажирів наступних у прямому напрямку. Для цього виділимо з ММК [9, табл. 3] мінімальні та максимальні значення пасажирських кореспонденцій.

Час очікування пасажирів по всій раціональній МТМ з урахуванням кількості маршрутів складатиме:

$$\sum T^{оч} = \left( 1 + \frac{\sum H_{ij}^{min}}{\sum H_{ij}^{max}} \right) \cdot c \cdot q^H \cdot n, \text{ пас-год} \quad (4)$$

$$\sum T^{оч} = \left( 1 + \frac{1984}{2732} \right) \cdot 0,5 \cdot 18 \cdot 4 = 62,3 \text{ пас-год.}$$

Сумарні витрати часу всіх пасажирів по скоригованій МТМ становитимуть:

$$\sum T = \sum T^{сл} + \sum T^{оч} \quad (5)$$

$$\sum T = 1312,8 + 62,3 = 1375,1 \text{ пас-год.}$$

#### 5 Розрахунок параметрів раціональної МТМ

В результаті розробки раціональної МТМ Марганець була сформована нова маршрутна мережа міста, що складається з 4 маршрутів. Визначимо такі основні параметри розроблених маршрутів:

- довжина маршрутів;
- кількість проміжних пунктів;
- час обороту;
- кількість перевезених пасажирів;
- максимальний пасажиропотік на перегоні;
- інтервал руху;
- необхідну кількість автобусів.

Процедуру розрахунку основних параметрів розроблених маршрутів розглянемо з прикладу маршруту №1 (Вокзал – Куйбишева – Інститут – Сонячний – Ворошилівка).

Протяжність маршруту розраховується як сума довжин ділянок між транспортними районами, якими він проходить:

$$L^M = \sum_{i=1}^n l_i, \text{ км} \quad (6)$$

$$L_{\text{№1}}^M = 2,1 + 0,7 + 2,1 + 1 = 5,9 \text{ км.}$$

Кількість пунктів зупинки на маршруті були прийняті виходячи з вже обладнаних зупинок у місті Марганець ( $n_{\text{№1}}^{\text{зуп}} = 11$  зупинок).

Час обороту:

$$T^{\text{об}} = 2 \cdot \left( \frac{L^M}{V_T} + \frac{n^{\text{зуп}} \cdot t^{\text{пз}} + t^{\text{кз}}}{60} \right), \text{ хв} \quad (7)$$

де  $V_T$  – технічна швидкість автобуса,  $V_T = 24$  км/год;

$t^{\text{пз}}$  – простий на проміжній зупинці,  $t^{\text{пз}} = 0,5$  хв;

$t^{\text{кз}}$  – простий на кінцевій зупинці,  $t^{\text{кз}} = 5$  хв.

$$T_{\text{№1}}^{\text{об}} = 2 \cdot \left( \frac{5,9}{24} + \frac{11 \cdot 0,5 + 5}{60} \right) = 50 \text{ хв.}$$

Для визначення кількості пасажирів, які користуються  $k$ -м маршрутом  $Q_k$  та значення максимального пасажиропотоку  $Q_k^{\text{max}}$  необхідно здійснити розподіл пасажирських кореспонденцій між маршрутами. Матриця міжрайонних кореспонденцій для маршруту №1 представлена в табл. 5, а епюра пасажиропотоків рис. 3.

Таблиця 5

Назва району	Прибуття				
	Вокзал	Куйбишева	Інститут	Сонячний	Ворошилівка
Вокзал		86	82	69	37
Куйбишева	97		222	77	44
Інститут	62	148		87	52
Сонячний	64	63	106		149
Ворошилівка	45	47	85	197	

Як видно з епюри пасажиропотоків (див. рис. 3) максимальний пасажиропотік на маршруті №1  $Q_{\text{№1}}^{\text{max}}$  становить 531 пас, а загальна кількість пасажирів  $Q_{\text{№1}}^{\text{заг}}$ , які користуються цим маршрутом 1944 пас.

Якщо прийняти інтервал руху на маршруті №1 рівним 5 хв, то середній час очікування пасажиром транспортного засобу буде складати 2,5 хв, а сумарні витрати часу по всіх пасажирів,

що очікують початку посадки на маршруті №1 будуть становити

$$T_{\text{№1}}^{\text{оч}} = Q_{\text{№1}}^{\text{заг}} \cdot t_{\text{№1}}^{\text{оч}} = 1944 \cdot 2,5 = 4860 \text{ пас} \cdot \text{хв}$$

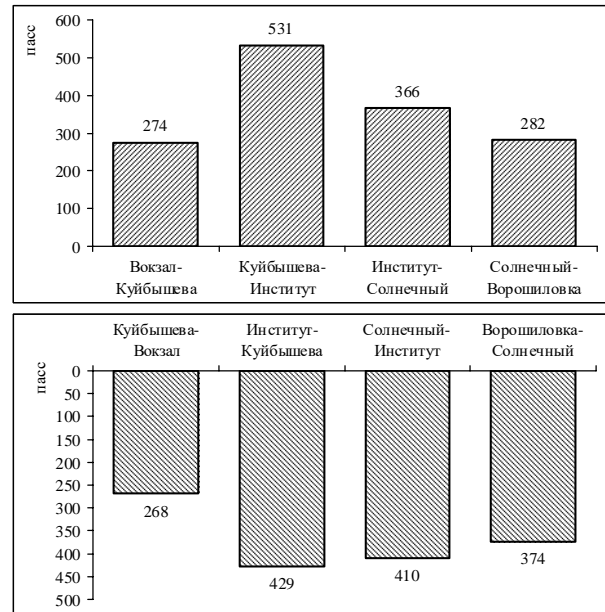


Рис. 3. Епюра пасажиропотоків для маршруту № 1

Розрахунок основних параметрів інших розроблених маршрутів, що входять до складу раціональної МТС Марганець виконуємо аналогічно, результати виконаних розрахунків представлені в табл. 6.

Таблиця 6

№ маршруту	Кінцеві ЗП	Довжина маршруту, км	Кількість зупинок, шт	Час обороту, хв	Кількість пас, чол	Максимальний потік, чол	Інтервал руху, хв.	Час очікування, год.
№1	Вокзал	5,9	11	50	1944	531	5	81,0
	вул. Молодіжна							
№2	Вокзал	5,6	10	48	1675	384	5	69,8
	вул. Молодіжна							
№3	Вокзал	4,5	7	40	419	140	8	27,9
	Школа 1							
№4	Держбуд	5,4	10	48	678	197	5	28,3
	вул. Молодіжна							
Разом		21,4			4716			207

На підставі розрахунків, з метою порівняння, існуючої та раціональної транспортної мережі міста Марганець, будуємо підсумкову таблицю з результатами досліджень, які представлені у табл. 7.

Таблиця 7

Параметр	Од. ви-міру	Діюча МТМ	Розроблена МТМ	Відно-сне від-хилення
Кількість маршрутів	-	2	4	100,00%
Загальна довжина маршрутів	км	24,2	21,4	-11,57%
Середня довжина маршруту	км	12,1	5,35	-55,79%
Довжина маршрутної мережі	км	12,10	12,58	3,97%
Маршрутний коефіцієнт	-	2	1,7	17,65%
Середньозважений інтервал руху	хв	3	6	91,67%
Динамічний коефіцієнт викорис-тання місткості	-	0,66	0,77	32,30%
Коефіцієнт переса-дження	-	1	1,2	22,05%
Коефіцієнт непря-молінійності	-	2,52	1,22	-51,48%
Загальний час під-ходу	хв	711	648	-8,86%

### Висновки

1. Виконано формування вихідної МТМ, до якої увійшли маршрути, що задовольняють достатньої умови призначення безпересадкових наскрізних маршрутів, а також дільничні маршрути, що не збігаються з жодним наскрізним. До складу вихідної МТС увійшли 5 наскрізних та 9 дільничних маршрутів.

2. Виконано перевірку дільничних маршрутів на відповідність максимально допустимого інтервалу руху. В результаті виконаних розрахунків кількість дільничних маршрутів скорочено з 9 до 4.

3. Було здійснено пошук маршрутів «кандидатів», що задовольняють умові неперевикнення максимально допустимого інтервалу з урахуванням пасажиропотоків, які можуть посилити цей маршрут за напрямом шляху його проходження. Було виявлено один такий маршрут: Ворошилівка → Пилорама → Держбуд.

4. Прийняті управлінські рішення щодо об'єднання дільничних маршрутів та маршруту «кандидата».

5. Розроблено раціональну МТМ м. Марганець за допомогою методу спрямованого відбору. Визначено витрати часу пасажирів на пересування маршрутною мережею.

6. Розраховано основні параметри розроблених маршрутів, що увійшли до раціональної МТМ м. Марганець:

- довжина маршрутів;
- кількість проміжних пунктів;
- час обороту;
- кількість перевезених пасажирів;
- максимальний пасажиропотік на перегоні;
- інтервал руху;
- необхідну кількість автобусів.

7. Виконано порівняльну оцінку ефективності маршрутів чинної та раціональної МТМ м. Марганець.

Результати виконаного аналізу свідчать, що розроблена за допомогою методу спрямованого перебору раціональна маршрутна мережа дозволить покращити якість транспортного обслуговування населення м. Марганця.

### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Босняк М.Г. Пасажирські автомобільні перевезення: Навчальний посібник / М.Г. Босняк. – К.: Видавничий дім «Слово», 2009. – 272 с.
2. Доля В. К. Організація пасажирських перевезень у містах: учбове видання. Харків: «Нове Слово», 2002. 140 с.
3. Varabino V., Deiana E., Tilocca P. Measuring service quality in urban bus transport: a modified SERVQUAL approach. *International Journal of Quality and Service Sciences*. 2012. Т. 4. №3. 3. 238-252.
4. Шпильовий І.Ф. Основні завдання вдосконалення роботи міського транспорту / І.Ф. Шпильовий // Системні методи керування, технологія та організація виробництва, ремонту та експлуатації автомобілів. - 2003. - Вип. 16. - С. 304-307.
5. Dimitriou H. T., Gakenheimer R. Urban transport in the developing world: A handbook of policy and practice. Edward Elgar Publishing, 2011. 635 p.
6. Гнедіна К. В. Методичні засади оцінювання економічної ефективності функціонування системи міського пасажирського транспорту. Вісник Чернігівського державного технологічного університету. 2013. С. 199-208.
7. Любий, Є. В. Критерій оцінки ефективності функціонування маршрутних мереж малих міст. *Автомобільний транспорт*. 2009. №24. С. 109-112.
8. Вакулєнко К. Є., Харченко В. Ф. Щодо якості перевезень на маршрутах міського пасажирського транспорту. *Восточно-Европейский журнал передових технологій*. 2012. №3(4). С. 57-59
9. Кудряшов А.В. Аналіз існуючої маршрутної мережі міста Марганець. / А.В. Кудряшов, О.О. Мазуренко // Збірник наукових праць ДНУЗТу «Транспортні системи та технології перевезень» – 2021. – Випуск 21. – С. 16-21.
10. Геронимус Б.Л. Совершенствование планирования на автомобильном транспорте. – М.: Транспорт, 1985. – 222 с.
11. Антошвили М.Е., Либерман С.Ю., Спиринов И.В. Оптимизация городских автобусных перевозок / М.Е. Антошвили // М.: Транспорт, 1985. – с. 102.

12. Спирин, И. В. Перевозки пассажиров городским транспортом / И. В. Спирин. – М: Издательский центр «Академия», 2004. – С. 413.

Надійшла в редколегію 13.10.2022.  
Прийнята до друку 25.10.2022.

A. KUDRIASHOV, A. MAZURENKO, V. KOMAR, T. HAIDUK

## IMPROVEMENT OF THE ROUTE NETWORK OF THE CITY OF MARGANETS

**Purpose.** Carry out the formation of a new route and transport network in the city of Marganets and a comparative assessment of the routes of the existing and proposed route and transport network. **Methodology.** The design of a rational route transport network was carried out using methods of combinatorial analysis, graph theory was used to develop a topological scheme of routes, the search and final selection of "candidate" routes was performed on the basis of analytical methods. **Findings.** The formation of the outgoing route transport network of Marganets was completed; precinct routes were checked for compliance with the maximum permissible traffic interval; the search for "candidate" routes satisfying the condition of not exceeding the maximum allowable interval was performed; a rational route transport network of the city of Marganets was developed using the method of directed selection; determined the time spent by passengers traveling on the route network; a comparative evaluation of the effectiveness of existing and developed routes was performed. **Originality.** The research carried out on the process of transporting passengers on the transport network of the city of Marganets allowed to improve the passenger route network to improve the quality of transport services for the city's population. **Practical value.** The practical significance of the work is that the implementation of the developed rational passenger route network will improve the quality of transport services for the population of Marganets, reduce the time spent by passengers on the approach to the bus stops and improve the quality of passenger service.

*Keywords:* transport network, correspondence matrix, movement interval, passenger flow chart, improvement.

УДК 334.716:656.2

В. Г. ДЖЕНЧАКО<sup>1\*</sup>, Г. В. МАСЛАК<sup>2\*</sup>

<sup>1\*</sup>Кафедра «Транспортні технології підприємств», ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», вул. Д. Яворницького, 19, м. Дніпро, 49027, Україна, тел. +38 (067) 621 28 97, ел. адреса vadim.sok777@gmail.com, ORCID 0000-0003-4581-4174

<sup>2\*</sup>Кафедра «Транспортні технології підприємств», ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», вул. Д. Яворницького, 19, м. Дніпро, 49027, Україна, тел. +38(068)4359295, ел. адреса avmaslak81@gmail.com, ORCID 0000-0001-7256-5543

## ІДЕНТИФІКАЦІЯ ФУНКЦІЙ ТРАНСПОРТНО – ВАНТАЖНОГО КОМПЛЕКСУ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА

**Мета.** На сучасному етапі функціонування залізничного транспорту промислових підприємств переробка вагонопотоків у транспортно-вантажних комплексах відбувається у змінних експлуатаційних умовах, що призводить до низької ефективності взаємодії виробництва і транспорту. Для вирішення цієї проблеми на початковому етапі необхідно провести ідентифікацію функцій, що виконуються транспортно-вантажним комплексом з прийому і переробки масової сировини у період негативних температур. **Методи дослідження.** В процесі дослідження використані методи аналізу і синтезу для вивчення питання та основних наукових публікацій щодо стану та шляхів підвищення ефективності взаємодії виробництва і транспорту на промислових підприємствах; методологія функціонально-вартісного аналізу для дослідження потокових процесів фазової трансформації у транспортно-вантажному комплексі з прийому масової сировини. **Результати.** В роботі розроблено модель формування експлуатаційних та техніко-економічних показників роботи транспортно-вантажного комплексу з прийому масової сировини у період негативних температур. Проаналізовано вплив виробничих та зовнішніх факторів на обсяг транспортної роботи у зазначеному комплексі. На основі методології функціонально-вартісного аналізу виконана декомпозиція функцій транспортно – вантажного комплексу промислового підприємства як системотехнічного комплексу на макрорівні, що дозволило оцінити його основні функції та створила передумови для функціонального аналізу його роботи на мікрорівні. **Наукова новизна** полягає у розробці загального методу ідентифікації функцій транспортно-вантажного комплексу з прийому і переробки масової сировини, який базується на положеннях функціонально-вартісного аналізу. **Практична значимість.** Представлені теоретичні положення щодо ідентифікованих функцій транспортно-вантажного комплексу з обслуговування промислового підприємства дозволили виявити зони зосередження додаткового обсягу транспортної роботи, яка безпосередньо впливає на експлуатаційні показники з прийому і переробки вагонопотоків у період негативних температур, та можуть в подальшому використовуватися в моделях управління потоковими процесами у транспортно-вантажних комплексах.

*Ключові слова:* промислове підприємство, транспортна робота, переробна спроможність, функціонально-вартісний аналіз, транспортно-вантажний комплекс, декомпозиція функцій, ідентифікація функцій.

### Вступ

Транспортно-вантажні комплекси промислового підприємства (ТВК ПП), що приймають масову сировину, характеризуються досить стабільним вагонопотоком. Прийом і переробка вагонів відбуваються в експлуатаційних умовах, що змінюються, пов'язаних з впливом низки зовнішніх і внутрішніх виробничих факторів випадкового характеру, які призводять до необхідності виконання ТВК ПП нових, не передбачених раніше функцій і, як наслідок, до значного додаткового обсягу транспортної роботи.

У цих умовах зростаючий обсяг транспортної роботи трансформується у значний додатковий час, який затрачується на переробку вагонопотоку, що у результаті призводить до значного зростання транспортних витрат.

У нових економічних та виробничо-експлуатаційних умовах за збільшеним впливом динамічних факторів на процес переробки вагонопотоку вирішення питань підвищення ефективності роботи ТВК ПП має ґрунтуватися на функціональному підході. Застосування функціонально-вартісного аналізу для оцінки фактично виконуваних комплексом функцій, визначення обсягу та розподілу транспортної роботи, аналізу переробної спроможності технічних засобів з урахуванням динаміки процесу переробки, дозволить вибрати шляхи та знайти оптимальне рішення щодо вдосконалення компунувально-конструктивної схеми та параметрів ТВК ПП.

З огляду на вищевикладене стає необхідним ідентифікувати функції, що виконуються ТВК ПП.

## Аналіз останніх публікацій та досліджень

В останній період у різних сферах досліджень набув розвитку інтегрований, комплексний підхід, заснований на функціональних принципах. У цьому плані прийшло розуміння того, що окрему підфункцію, яку виконує ТВК ПП, не можна розглядати як самостійну функцію управління. Декомпозиція, аналіз та подальший синтез різних підфункцій, що виконуються комплексом, в єдину функцію управління транспортною роботою станцій несе у собі великий резерв підвищення ефективності [1-7].

Найбільш повно та послідовно принципи системності та функціонального підходу до дослідження роботи станцій наведені в роботі Парунакяна В.Е. [8]. Автор зазначає, що умови організації перевізного процесу, що змінюються, вимагають переосмислення методичних принципів вирішення завдань організації роботи та розвитку станцій. У статті пропонується новий підхід до оцінки потрібних станційних потужностей та вибору варіантів ефективного використання існуючих потужностей в умовах поточної експлуатації. Аналізуючи станційні процеси, автор виділяє основні функції, які виконує станція та технологічні лінії, які їх реалізують. При цьому зазначається, що технологічними лініями станції різні функції можуть динамічно перерозподілятися. У роботі йдеться про підвищення ефективності використання станційних потужностей з допомогою оптимізації часових параметрів, а запропонована методологія спрямовано на реалізацію логістичних функцій станцій під час переробки транспортних потоків.

У роботі [9] вантажна станція сприймається як внутрішньовиробнича логістична система. Матеріальні потоки трансформуються тут у транспортні потоки, що виступають у вигляді вагонопотоків на станційних коліях та вантажопотоків у вантажно-розвантажувальних та складських комплексах. Транспортні потоки, що представляють по суті технологічні лінії вантажної станції, об'єднують її технічні пристрої у безперервно діючі локальні системи, які інтегруються в логістичну транспортно-вантажну систему підприємства.

Отже, новий напрямок у вирішенні питань підвищення ефективності використання переробних потужностей станцій ґрунтується на функціональному аналізі, а забезпечення функціонально-конструктивної єдності створює передумови для розробки та вибору оптимального варіанта інженерного вирішення конструктивних схем станцій.

Резюмуючи результати проведеного детального аналізу є підстави вважати, що функціонально - вартісний підхід до дослідження роботи ТВК ПП відкриває нові можливості у вирішенні питань підвищення ефективності процесу прийому і переробки зовнішнього вагонопотоку, у зв'язку з чим за основу проведення досліджень взято функціонально-вартісний аналіз технічних рішень (ФСА) [10].

Ідентифікація функцій, їх значущості для регламентованого функціонування ТВК ПП та подальша порівняльна оцінка якісних та кількісних показників витрат та втрат створюють основу для визначення шляхів її оптимізації.

У зв'язку з цим наукова проблема ідентифікації функцій, що виконуються ТВК ПП, є своєчасною та актуальною.

## Мета

На сучасному етапі функціонування залізничного транспорту промислових підприємств переробка вагонопотоків у транспортно-вантажних комплексах відбувається у змінних експлуатаційних умовах, що призводить до низької ефективності взаємодії виробництва і транспорту. Для вирішення цієї проблеми на початковому етапі необхідно провести ідентифікацію функцій, що виконуються транспортно-вантажним комплексом промислового підприємства з прийому і переробки масової сировини у період негативних температур.

## Методи дослідження

В процесі дослідження використані методи аналізу і синтезу для вивчення питання та основних наукових публікацій щодо стану та шляхів підвищення ефективності взаємодії виробництва і транспорту на промислових підприємствах; методологія функціонально-вартісного аналізу для дослідження потокових процесів фазової трансформації у транспортно-вантажному комплексі з прийому і переробки масової сировини у період негативних температур.

## Виклад основного матеріалу

ТВК ПП з розвантаження масової сировини, розглядається як системотехнічний комплекс (СТК), що має відповідну технічну та управлінську ( $U$ ) структури і виконує як свою головну функцію ( $F_g$ ), прийом, переробку маршрутних поїздів та вивантаження вагонів з сировиною. СТК характеризується відносно постійним добовим вагонопотоком сировини ( $V$ ), встановленим відповідно до плану виробництва продукції.

ТВК ПП для виконання головної функції оснащений комплексом технічних пристроїв, що включає: парну та непарну горловини ( $Q_p, Q_n$ ), приймально-відправний парк ( $P$ ), гаражі розморожування ( $G_d$ ), розвантажувальний комплекс ( $R$ ) та парк локомотивів ( $L$ ). Переробна спроможність пристроїв оцінюється ступенем їх завантаження (відповідно  $N_1, N_2, N_3, N_4, N_5$  годин) і визначається принциповою компоновальною схемою і конструкцією ТВК ПП ( $K$ ), а потреба в локомотивах - величиною їх завантаження ( $L_1$ , годин). Результуючим показником роботи комплексу є: тривалість перебування вагона на ТВК ПП ( $T$ , година), що визначається технологією та організацією роботи та відповідною платою за користування вагонами ( $C$ , грн). На переробку вагонопотоку на ТВК ПП, а отже, на показники  $N_1, N_2, N_3, N_4, N_5$  та  $L$ , у різному поєднанні та з різною інтенсивністю впливають випадкові фактори експлуатаційного, виробничого та природного характеру. Дані фактори діють цілий рік та пов'язані з нерівномірністю прибуття маршрутних поїздів з сировиною з зовнішньої мережі, позаплановими та аварійними зупинками розвантажувального обладнання, зміною черговості розвантаження різних компонентів шихти, пов'язаних з її якістю. У період негативних температур при змерзання масової сировини виникає необхідність її розморожування у гаражах.

Всі зазначені фактори об'єктивно впливають на процес переробки вагонопотоку, його тривалість і вимагають виконання додаткового обсягу маневрової роботи з вимушеної перестановки груп вагонів та їх технологічного відстою на ТВК ПП.

Завантаження технічних пристроїв станції ( $N_1, N_2, N_3, N_4, N_5, L$ ) при цьому збільшується і призводить до виникнення міжопераційних простоїв ( $t_{мп}$ ). Характеристика міжопераційних простоїв вагонів з сировиною на транспортно-вантажному комплексі наведено у табл. 1.

Таблиця 1

**Характеристика міжопераційних простоїв вагонів з сировиною на транспортно-вантажному комплексі, годин**

Найменування показника	Температура довкілля	
	позитивна	негативна
Міжопераційний простій вагонів з сировиною, годин:		
– перед вивантаженням;	1,9	–
– перед постановкою на розморожування;	–	9,7
– після розморожування	–	2,1

Час виконання технологічних операцій у потоковому процесі переробки маршрутних поїздів з сировиною на ТВК ПП нормується ( $t_T$ ). Загальну тривалість технологічної траєкторії процесу переробки вагонопотоку слід визначати з урахуванням часу міжопераційних простоїв ( $t_{мп}$ ) та представити у вигляді

$$T_{об} = \sum t_T + \sum t_{мп} \quad (1)$$

Результати впливу випадкових факторів на показники роботи ТВК ПП не враховувалися, а лише покривалися застосуванням коефіцієнта нерівномірності прибуття маршрутних поїздів з сировиною.

Експлуатаційна робота ТВК ПП показує, що такий підхід недостатньо враховує всі умови процесу переробки вагонопотоку та веде до значних виробничих втрат.

Тому пропонується новий підхід до оцінки функцій, що реалізуються ТВК ПП, що приймає масову сировину, через введений показник «транспортна робота», який би в повній мірі враховував динаміку його роботи.

Загальний обсяг транспортної роботи ( $A_{об}$ ) ТВК ПП можна представити виразом

$$A_{об} = A + \Delta A, \text{ ваг-год.} \quad (2)$$

Тривалість переробки планового вагонопотоку ( $V_n$ ) з нормативною тривалістю ( $T_n$ ) визначає заплановану частину транспортної роботи ( $A$ ), а тривалість виконання позапланових станційних операцій, спричинену впливом випадкових факторів, становить додаткову частину транспортної роботи ( $\Delta A$ ). При цьому стає можливим диференціювати обсяг додаткової транспортної роботи щодо кожного з факторів.

Модель формування експлуатаційних та техніко-економічних показників роботи ТВК ПП наведена на схемі (рис. 1).

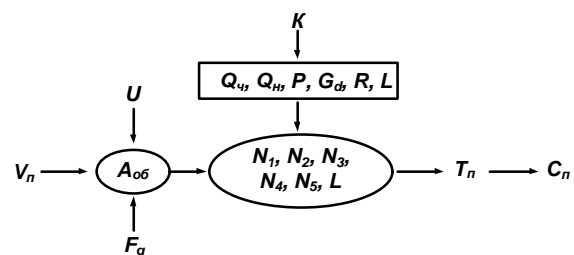


Рис. 1. Модель формування експлуатаційних та техніко-економічних показників роботи транспортно-вантажному комплексі промислового підприємства

Системна характеристика створює основу для класифікації функцій, що виконуються ТВК ПП, їх ідентифікації, ранжирування та оцінки.

ТВК ПП є великою системою, що включає в свою структуру кілька підсистем, які

взаємодіють одна з одною і забезпечують технологію, організацію та управління процесом переробки потоку вагонів, тобто цільове функціонування системи. Принципи регулювання їх взаємодії у просторі та часі визначаються загальносистемними нормативно-технологічними документами. Дуже важливо та складно забезпечувати їхню взаємодію при переробці вагонів в оперативних умовах, у реальному часі та при постійному впливі різних випадкових факторів. Основні принципи функціонування ТВК ПП різних типів практично однакові. Проте форми прояви функцій дуже різноманітні. Реалізація системного підходу у вирішенні поставленої задачі полягає в декомпозиції аналізованої системи на підсистеми, що мають ознаку функціональної цілісності та взаємодіють у роботі.

У якості методичної основи для класифікації функцій, що виконуються ТВК ПП, приймається методологія функціонально-вартісного аналізу (ФВА), яка дозволяє ідентифікувати, ранжувати та оцінити функції комплексу.

Стосовно специфіки функціонування ТВК ПП основні принципи методології ФВА зберігаються. Крім того, вони доповнюються новими підходами, які дозволяють зв'язати, через обсяг транспортної роботи, що визначає завантаження технічних пристроїв ТВК ПП за функціями, підсумкові показники його роботи (простій і плату за користування вагонами) з принциповою схемою та конструктивними параметрами комплексу.

Вихідною позицією ФВА є виявлення та визначення функцій системи, що аналізується, тобто їхня класифікація. Сенс класифікації полягає у поділі функцій на види, які адекватно відображали б основні зв'язки та характер системи. Причому функція сприймається як комплекс дій, які дають закінчений результат при заданих технологічних параметрах.

Класифікація функцій відповідно до методології ФВА наведена на рис. 2. Класифікаційною ознакою для ФВА є поділ функцій за характером відносин між аналізованою системою і споживачем її послуг, тобто із виробництвом. Зазначені функції поділяються на зовнішні та внутрішні. Зовнішні функції за ознакою забезпечення вимог виробництва поділяються на основні та другорядні. Головна функція виражає сутність поведінки системи, тобто для виконання чого створена система. Вона завжди єдина та інтегрує всі логічні групи функцій системи.

Другорядні – це функції, що підвищують зручності використання системи з урахуванням технологічних вимог та ін. Внутрішні функції – це

дії та взаємозв'язки всередині системи, обумовлені принципом її побудови та особливостями реалізації внутрішніх можливостей. Ці функції поділяються на основні та допоміжні. Основні функції – це дії системи, які працюють на головної функції.

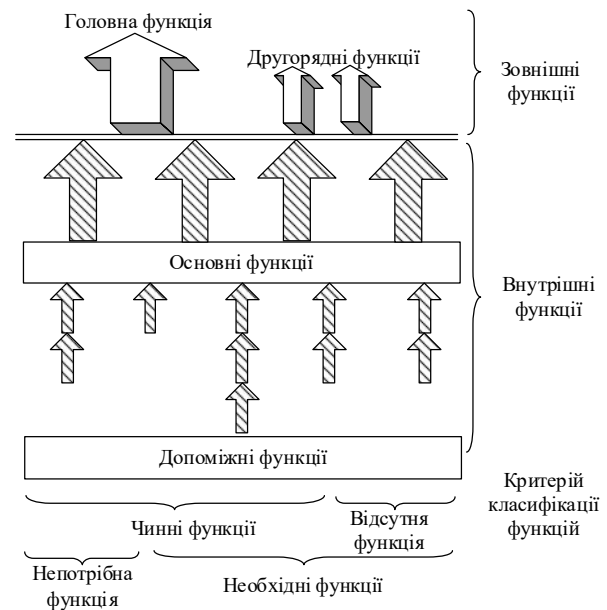


Рис. 2. Класифікація функцій з методології функціонально-вартісного аналізу

Кожна з них висловлює завжди лише тільки одну з частин поведінки системи і виконується внутрісистемними носіями. Допоміжні функції – створюють передумови та умови для виконання і формують основні функції, а їх число визначається складністю функціональних зв'язків системи.

Робочим критерієм для класифікації функцій є методологічна ознака. Для застосування цього критерію у процесі аналізу основні функції поділяються на діючі та необхідні. Чинні – це функції, які система фактично виконує. Необхідні функції – це ті, які система повинна мати, щоб повністю задовольняти вимоги виробництва. На основі порівняння комплексу діючих та необхідних функцій виділяються функції відсутні та непотрібні. Відсутні функції – це, які система має виконувати додатково задля забезпечення вимог виробництва.

Непотрібні функції – це ті, які система виконує, але які виробництву або не потрібні взагалі, або пов'язані з необхідністю вдосконалення способів їх реалізації. Непотрібні функції виникають як внаслідок виробничих та експлуатаційних умов, що змінилися, так і через недостатню дослідженість проблеми. Нові рішення повинні усувати непотрібні функції та по можливості виключати їх носії.



Ідентифікація функцій, що включає їх декомпозицію, ранжування, угруповання за основними ознаками та оцінку дозволяє розібратися у функціональній структурі аналізованої системи та, відповідно до вимог виробництва, визначити шляхи вдосконалення, здійснити необхідну переструктуризацію.

Класифікація функцій ТВК ПП, здійснюється відповідно до запропонованого методу на основі системного підходу. При цьому ТВК ПП розглядається як системотехнічний комплекс (СТК), який в якості своєї головної функції ( $F_g$ ) виконує прийом, переробку та вивантаження маршрутних поїздів із сировиною.

Враховуючи негативний вплив на роботу ТВК ПП всього комплексу розглянутих факторів у процесі досліджень проводиться декомпозиція СТК щодо функцій на макрорівні та аналіз структури та змісту функцій на мікрорівні. Завдання дослідження на макрорівні полягає у визначенні загальної поведінки СТК як цілого, в оцінці його інтегративних характеристик, а мета полягає у створенні моделі СТК у взаємодії із зовнішнім середовищем та визначенням основних функцій [11]. Структура основних діючих функцій ТВК ПП, наведена на рис. 3.

Декомпозиція та виконана на її основі класифікація діючих функцій дозволяє провести комплексну оцінку та аналіз роботи ТВК ПП.

В основу дослідження роботи ТВК ПП у

різних експлуатаційних умовах приймається логічний експеримент, під час якого функції комплексу вивчаються за допомогою її змістовної моделі.

Аналіз процесу переробки при стабільному вагонопотоку та реалізації вищезгаданих функцій дозволив встановити два режими роботи ТВК ПП «штатний» та «нештатний».

У «штатному» режимі ТВК ПП, реалізуючи основну функцію ( $F_1$ ), здійснює переробку заданого вагонопотоку в плановому обсязі транспортної роботи ( $A_{пл}$ ), а також виконує додаткову транспортну роботу різного об'єму ( $\Delta A$ ), пов'язану з реалізацією інших основних функцій ( $F_1, F_2, F_{3.1}, F_{3.2}, F_{3.3}, F_{3.4}$ ) та обумовлену імпульсивним впливом випадкових факторів. При цьому управління процесом переробки забезпечується методом диспетчерського регулювання ( $U$ ).

Завантаження технічних пристроїв ТВК ПП ( $N_1, N_2, N_3, N_4, N_5$ ) зростає та періодично досягає максимуму нормативних значень. Слід зазначити, що з «штатному» режимі роботи тривалість процесу переробки вагонопотоку досить часто (до 75 % випадків) перевищує планові показники ( $T_{пл} + \Delta T_{пл}$ ).

Модель формування техніко-експлуатаційних показників роботи ТВК ПП у «штатному» режимі представлена на рис. 4.

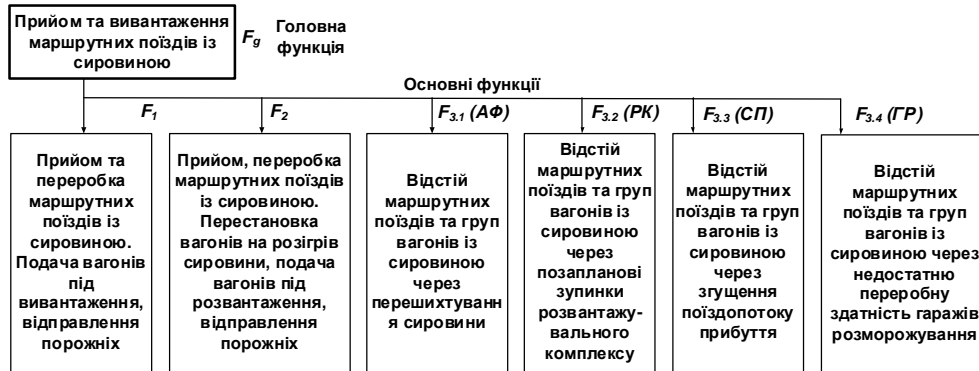


Рис. 3. Структура основних діючих функцій транспортно-вантажного комплексу

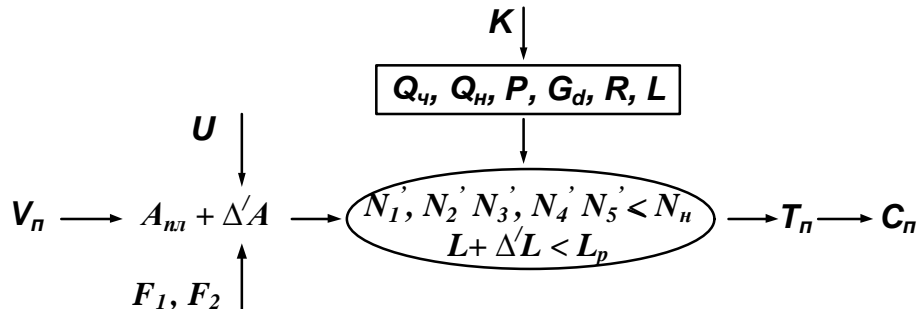


Рис. 4 Модель формування техніко-експлуатаційних показників роботи транспортно-вантажного комплексу в «штатному» режимі

«Нештатний» режим роботи ТВК ПП при постійній величині вагонопотоку ( $V_n$ ) має місце в періоди, коли реалізація основної функції ( $F_1$ ) супроводжується впливом у різному поєднанні кількох випадкових факторів. У період негативних температур реалізація основної функції ( $F_2$ ) доповнюється комплексом операцій, пов'язаних із розморожуванням вагонів з сировиною у гаражах. В результаті необхідність виконання інших функцій ( $F_{3.1}, F_{3.2}, F_{3.3}, F_{3.4}$ ) призводить до збільшення функціонального навантаження ТВК ПП, яка трансформується в нерегульований додатковий обсяг транспортної роботи ( $\Delta''A$ ).

При цьому суттєво зростає час зайнятості технічних пристроїв, завантаження яких ( $N_1, N_2, N_3, N_4, N_5$ ) досягає граничних значень, переробна спроможність ТВК ПП повністю вичерпується та комплекс втрачає можливість виконувати свої функції. Істотно збільшується і тривалість переробки вагонів.

У цих умовах ТВК ПП змушений припинити прийом маршрутних поїздів із сировиною,

внаслідок чого виникають затримки поїздів на підходах до комплексу ( $T_n$ ).

У разі «нештатного» режиму під час негативних температур ТВК ПП функціонує з перевантаженням технічних пристроїв. За відсутності необхідних технічних ресурсів засоби диспетчерського регулювання ( $U$ ) не забезпечують паралельного виконання ТВК ПП усіх функцій, тому його робота блокується. Збої в процесі переробки вагонопотоку призводять до значного простою вагонів, як на самому ТВК ПП, так і на підходах до нього ( $\Delta''T + T_n$ ) і значного зростання плати за їх використання ( $\Delta''C + C_n$ ).

Модель формування техніко-експлуатаційних показників роботи транспортно-вантажного комплексу в «нештатному» режимі представлена на рис. 5.

Декомпозиція функцій ТВК ПП як системотехнічного комплексу на макрорівні дозволила встановити та ідентифікувати його основні функції та створила передумови для функціонального аналізу його роботи на мікрорівні.

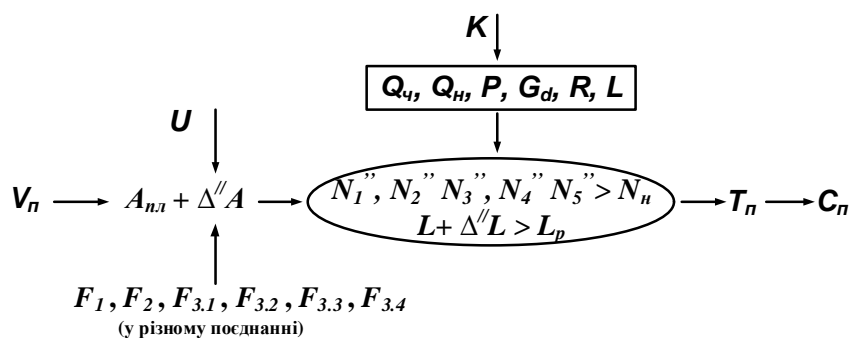


Рис. 5. Модель формування техніко-експлуатаційних показників роботи транспортно-вантажного комплексу в «нештатному» режимі

## Висновки

1. Оцінка переробної спроможності транспортно-вантажного комплексу промислового підприємства, заснована на обліку коефіцієнта нерівномірності прибуття, не відповідає виробничим вимогам. Тому для оцінки впливу факторів на переробну спроможність комплексу застосовано функціональний метод, а в системну характеристику комплексу як експлуатаційний показник введено показник «транспортна робота».

2. Декомпозиція функцій транспортно – вантажного комплексу промислового підприємства як системотехнічного комплексу на макрорівні дозволила оцінити його основні функції та створила передумови для функціонального аналізу роботи на мікрорівні.

3. У результаті проведених досліджень ідентифіковано функції, які виконує транспортно-

вантажний комплекс промислового підприємства.

4. Проведена ідентифікація функцій, що виконуються транспортно-вантажним комплексом промислового підприємства, дозволила виявити зони зосередження додаткового обсягу транспортної роботи (технічні пристрої, переробна спроможність яких визначається конструктивною схемою комплексу).

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Дженчако В.Г. Підвищення ефективності перевезення масової сировини на промислові підприємства у зимовий період / В. Г. Дженчако // Міжвузівський тематичний збірник наукових праць. – 2019. – № 21. – С. 224 – 237. <http://eir.pstu.edu/handle/123456789/24835>.
2. Дженчако В.Г. Оптимізація взаємодії вантажної станції, гаражів розморожування і розвантажувального комплексу агломераційної фабрики при

вивантаженні масової сировини / В. Г. Дженчако // Міжвузівський тематичний збірник наукових праць. – 2021. – № 24. – С. 272 – 284.

3. Дженчако В.Г. Розробка методу оцінки пропускної спроможності гаражів розморожування транспортної системи промислового підприємства / В. Г. Дженчако // Збірник наукових праць ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна «Транспортні системи та технології перевезень». Вип. 22. – 2021. – С. 21 – 27. <https://doi.org/10.15802/tstt2021/247879>.

4. Парунакян В. Э. Разработка методологии определения продолжительности разогрева грузов в конвективных гаражах размораживания / В. Э. Парунакян, В. Г. Дженчако // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. В. Лазаряна. – 2006. – №12. – С. 93-99.

5. Парунакян В. Э. Исследование процесса размораживания железосодержащего сырья в вагонах с использованием компьютерной технологии «Data mining» / В. Э. Парунакян, В. Г. Дженчако // Вісник Приазовського державного технічного університету. – 2010. – №20. – С. 267-274.

6. Fomin, O., Lovska, A., Dzhenchako, V., Zhylinkov, O., Fomina, A., & Lytvynenko, A. (2022). Determining the features of temperature influence on the load-bearing structure of a hopper car with a composite cladding when transporting pellets to metallurgical enterprises. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(7(115)), 32 - 41. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.251300>; <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/251300>.

7. Дженчако В. Г. Определение продолжительности размораживания железосодержащего сырья в вагонах с использованием технологии «Data mining» / В. Г. Дженчако // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2010. – №10 (152). – Ч.1. – С. 45-50.

8. Повышение эффективности взаимодействия производства и транспорта при грузопереработке в процессе материалодвижения предприятий. Техника и технологи: коллективная монография / В.Э. Парунакян, А.В. Маслак, А.А. Жилинков// – Одесса: КУП-РИЕНКО СВ, 2018. – 223 с.

9. Маслак Г.В. Розробка методу логістичного управління процесом матеріалоруку при взаємодії виробництва і транспорту в металургійних переділах / Г.В. Маслак, В.Е. Парунакян // Збірник наукових праць ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна «Транспортні системи та технології перевезень». – Вип. 19 - 2020. – С.68 - 76.

10. Маслак А. В. Стан і шляхи підвищення ефективності управління процесом матеріалоруку при переробці зовнішнього вагонопотоку металургійних підприємств / А.В. Маслак // Збірник наукових праць ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна «Транспортні системи та технології перевезень». – Вип. 18 - 2019. – С. 59-68.

11. Бойко В.А. Повышение эффективности работы грузовой станции металлургического комбината, принимающей массовое сырьё: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.12 / Бойко Владимир Алексеевич. – Мариуполь, 2013. – 178 с.

Надійшла до редколегії 19.11.2022.

Прийнята до друку 26.11.2022.

V. DZHENCHAKO, A. MASLAK

## IDENTIFICATION OF THE FUNCTIONS OF TRANSPORT - FREIGHT COMPLEX OF AN INDUSTRIAL ENTERPRISE

**Purpose.** At the current stage of the operation of railway transport of industrial enterprises, the processing of car flows in transport and cargo complexes takes place in variable operating conditions, which leads to low efficiency of the interaction of production and transport. To solve this problem, at the initial stage, it is necessary to identify the functions performed by the transport and cargo complex for the reception and processing of bulk raw materials during the period of negative temperatures. **Research methods.** In the process of the research, methods of analysis and synthesis were used to study the issue and the main scientific publications regarding the state and ways of increasing the efficiency of the interaction of production and transport at industrial enterprises; the methodology of functional cost analysis for the study of flow processes of phase transformation in the transport and cargo complex for the reception of bulk raw materials. **Results.** The work developed a model for the formation of operational and technical and economic indicators of the transport and cargo complex for the reception of bulk raw materials during the period of negative temperatures. The influence of production and external factors on the volume of transport work in the specified complex was analyzed. Based on the methodology of functional-cost analysis, the functions of the transport and cargo complex of an industrial enterprise were decomposed as a system-technical complex at the macro level, which allowed to evaluate its main functions and created prerequisites for the functional analysis of its work at the micro level. **The scientific novelty** consists in the development of a general method of identification of the functions of the transport and cargo complex for the reception and processing of bulk raw materials, which is based on the provisions of the functional and cost analysis. **Practical significance.** The presented theoretical provisions regarding the identified functions of the transport and cargo complex for the maintenance of an industrial enterprise made it possible to identify areas of concentration of additional volume of transport work, which directly affects the operational indicators of the reception and processing of car flows during the period of negative temperatures, and can be used in the future in flow process control models in transport and cargo complexes.

**Keywords:** industrial enterprise, transport work, processing capacity, functional-cost analysis, transport-cargo complex, decomposition of functions, identification of functions.

УДК 629.4.014.3

В. С. ВОРОПАЙ<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup> Кафедра «Транспортні технології підприємств», ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», адреса юридична: вул. Університетська, 7, м. Маріуполь, 87555, Україна, адреса фактичного розташування: проспект Д. Яворницького, 19, каб. 28 м. Дніпро, 49005, тел. +38 (098) 278 19 75, ел. пошта: vvoropay86@gmail.com, ORCID 0000-0001-5831-3120

## АНАЛІЗ НОРМАТИВНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ НАПІВВАГОНІВ-ХОПЕРІВ ПРИ ВИКОНАННІ «ГАРЯЧИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ» ЗА КОНТАКТНИМ ГРАФІКОМ

Стаття присвячена аналізу нормативних показників роботи напіввагонів-хоперів за часом при виконанні перевезень агломерату з аглофабрики до доменного цеху. Вперше порушені питання про нераціональність внутрішньозаводських перевезень агломерату залізничним транспортом на великі відстані. Побудовані графіки транспортно-технологічного циклу. Наведені результати розрахунків роботи рухомих складів з агломератом за нормативним та фактичним графіком їх виконання.

*Ключові слова:* вагон-хопер, транспортно-технологічний цикл, агломерат, генеральний план, металургійне підприємство, промислове підприємство, математична статистика.

### Вступ

Існують норми щодо проектування генеральних планів промислових підприємств, згідно з якими повинні дотримуватися вимоги щодо будівництва транспортних комунікацій з точки зору виконання основної функції транспорту — ефективного транспортного обслуговування цехів підприємства. Проте, будівництво металургійних підприємств України у період 1930-1980 років як і в інших країнах пострадянського простору, зазвичай проводилося чергами за кілька етапів. Насамперед будувалися кілька основних промислових цехів і починалася випускати продукція, після промислового виробництва розширювалося й нові цехи, споруди (другої і третьої черги) будувалися у розташованих поруч із існуючим виробництвом місцях. Це спричинило створення складних транспортних зв'язків між цехами та найчастіше неефективного транспортного обслуговування основних переділів. З погляду раціональності та економічності до генерального плану підприємства пред'являються високі вимоги з огляду на те, що в умовах ринкової економіки існує висока капіталомісткість сучасного промислового підприємства та значні експлуатаційні витрати на транспортування сировини, напівфабрикатів, готової продукції та енергосистеми.

Приклад комбінату з повним металургійним циклом є комбінат імені Ілліча, Азовсталь (Маріуполь, Україна), Магнітогорський металургійний комбінат (Магнітогорськ, Росія), Череповецький металургійний комбінат (Череповець,

Росія) та ряд інших. Подібні комбінати характеризуються значними обсягами випуску продукції, що сягають 5-6 млн. тонн на рік, їх транспортність становить від 4 до 12 тонн матеріальних ресурсів на тонну продукції. Транспортування близько 80% загального обсягу сировини, напівфабрикатів, готової продукції забезпечують залізничні перевезення. Міжцехові перевезення становлять понад 50% загального обсягу перевезень, зокрема до 30% у спеціальному рухомому складі.

Планувальне рішення комбінату ім. Ілліча прийнято за принципом зворотного-поточкового комбінованого типу, недоліком цього планування є складна інфраструктура залізничного транспорту. Як правило, такі питання повинні вирішуватися за рахунок заміни залізничного транспорту на конвеєрний транспорт, але сьогодні це неможливо в умовах, що склалися на комбінаті, оскільки основні виробничі цехи знаходяться на суттєвій відстані один від одного.

Косокутна послідовна схема, коли доменний цех розташований під кутом до поздовжньої осі заводу з кутовою подачею чавуну в сталеплавильний цех, а сталеплавильний цех і прокатні розташовані послідовно вздовж поздовжньої осі заводу, характеризується, з одного боку, компактністю забудови цехів згідно з загальновідомими шляхами вдосконалення підприємства, а також розташуванням двох станцій Західна та Сортувальна центрально по відношенню до заводського майданчика, включаючи колії з районних станцій Стальна та Новопркатна, що, з

іншого боку, ускладнює умови роботи горловини заводських станцій та погіршує умови транспортування колії готової продукції (суцільна крива маленького радіусу).

Як свідчать дослідження [1], зворотний напрям проходження матеріального потоку нерациональний для заводів повного циклу.

Серйозною проблемою з погляду автора є міжцехове перевезення агломерату на комбінатах ім. Ілліча та Азовсталь через складний характер генерального плану металургійного комбінату першого, тому що аглофабрика комбінату Ілліча знаходиться на значній відстані від доменного цеху (близько 10 км) та зміни технології перевезення агломерату другого, оскільки спочатку агломерат на комбінат ім. Азовсталь поставлявся з Керчі морем, згодом було збудовано власну аглофабрику, але, за словами уряду, було демонтовано через негативний вплив на екологічну ситуацію в місті, таким чином, до нещодавнього часу, агломерат з аглофабрики комбінату ім. Ілліча йшов і на Азовсталь також відповідно до контактного графіка, все це у сукупності створювало умови для неефективного транспортного обслуговування доменних цехів, «розриву» потоковості виробничої лінії та як наслідок нетехнологічності виробництва «агломерат-чавун». Це пояснюється тим, що технологія аглодоменного виробництва передбачає цілодобове обслуговування цехів транспортом і як правило конвейерним, а у випадку із залізничним пред'являє специфічні вимоги, що передбачають: постійну наявність рухомого складу для організації навантаження сировини та відходів виробництва (повернення агломерату) безпосередньо у руханий склад; суворо встановлену періодичність подачі та вивантаження сировини (дотримання контактного графіка) з метою створення незнижуваних запасів через малу ємність оперативних складів (бункерів); завчасне подання рухомого складу під навантаження (вивантаження) агломерату.

Аналогічна ситуація склалася на Магнітогорському металургійному комбінаті та інших, запроектованих у першій половині 20-го століття, за винятком того, що агломерат транспортується з меншою відстанню, проте при цьому все також використовується залізничний транспорт, у складі доменного цеху є рудний двір з пристроями для вивантаження вагонів із сировиною – баштовими вагоноперекидачами та розвантажувальними естакадами, подача коксу та залізрудної сировини до бункера доменних печей здійснюється залізничним транспортом на шляху бункерної естакади, у той час як на заводах,

запроектованих у другій половині 20-го століття, блок цехів на генеральному плані став називатися аглокосодоменним блоком, де на території між сировинною залізничною станцією і доменним цехом крім коксохімічного цеху стали розміщуватися аглофабрика з посередніми складами залізрудної сировини і флюсів, а застосування конвеєрного транспорту дозволило уникнути рудних дворів, довгих залізничних в'їздів на бункерну естакаду з пристроєм на ній вивантажувальних шляхів. Загалом для таких заводів прийом, складування та транспортування сировини, включаючи подачу коксу та залізрудної сировини (агломерату та добавок), вирішується сьогодні за рахунок застосування роторних вагоноперекидачів та систем конвеєрного транспорту, включаючи подачу коксу та залізрудної сировини (агломерату та добавок), вирішується сьогодні за рахунок застосування роторних вагоноперекидачів та систем конвеєрного транспорту.

Виходячи з вищесказаного, виникають питання щодо деяких видів перевезень та пов'язаних з ними маршрутів всередині підприємства, ставиться під сумнів раціональність, існуючий технічний рівень та економічність прийнятих рішень.

Крім того, найголовнішим завданням виробників чорної металургії має стояти завдання зниження собівартості металопродукції, а, відповідно, і можливості збільшення заробітних плат співробітників галузі, що безпосередньо залежить від сумарних транспортних витрат, що є однією з основних статей витрат на підприємстві.

#### **Огляд публікацій по темі дослідження**

Ефективності транспортного обслуговування металургійних підприємств присвячено низку досліджень [1], де поставлено та вирішено завдання щодо вимог до якості транспортної системи підприємства, виконано проектування транспортної системи, вирішено питання системного підвищення взаємодії виробництва та транспорту.

Планувальним рішенням металургійних комбінатів повного циклу присвячені наукові праці таких вчених як А. С. Гельмана, І. І. Костіна, В. А. Ригалова, Б. Ф. Шаульської, В. Ф. Яковлева, Ю. І. Ритова [2-6] та інших учених і фахівців; а також розроблено норми, стандарти та правила проектування заводів чорної металургії [6, 7, 8, 9].

На думку автора [10] основні шляхи для подальшого розвитку металургійного підприємства нового покоління:

а) скорочення частки внутрішньозаводських залізничних перевезень;

б) здійснення перевезення сировини всіх видів, у тому числі агломерату та коксу конвеєрним транспортом, заготівлі з цеху гарячої прокатки до цеху холодної прокатки спеціальними видами транспорту;

в) резерв території для забудови з метою подальшого розвитку підприємства;

г) використання виробничих агрегатів великої одиничної потужності;

д) розвиток безперервних транспортно-технологічних процесів.

Проте, ситуація склалася прямо протилежною, і в деяких випадках замінити вид транспорту в вже існуючому перевезенні ніяк не можна. На сьогоднішній день немає науково обґрунтованих результатів досліджень, присвячених проблемам, які утворилися на місці нераціонального розташування основних цехів металургійного підприємства, існуючі перевезення залізничним транспортом сировини, які мали бути спроектовані у вигляді конвеєрного транспорту, і досі залишаються поза увагою вчених та виробників.

### Мета та методи дослідження

Метою роботи є аналіз показників роботи напіввагонів-хоперів при виконанні перевезень за контактним графіком за часом.

З метою постановки задачі дослідження використані методи математичної статистики.

### Основна частина

До складу металургійного комбінату ім. Ілліча входять: аглофабрика, що має 12 агломашин, доменний цех у складі чотирьох доменних печей, вапняно-палювальний цех, конвертерний цех, прокатний переділ у складі листопрокатного цеху – 1700, цеху холодної прокату, листопрокат 3000, трубоелектр. Виробничі потужності комбінату дозволяють виробляти близько 3,7 млн. тонн конвертерної сталі, 12 млн. тонн агломерату, понад 4,3 млн. тонн чавуну та понад 5 млн. тонн готового прокату на рік.

Одним з основних виробництв на підприємстві є аглодоменний переділ, результат роботи якого – ливарний та передільний чавун, один із головних та затребуваних продуктів металургійних підприємств. Основною сировиною для виробництва високоякісного чавуну є агломерат. Тому одним із основних чинників для успішної

роботи підприємства є своєчасна та безперервна доставка сировини для доменного виробництва. Своєчасна подача агломерату до бункерів доменного цеху забезпечує безперервність виробничого процесу та відповідність технологічному регламенту основного виробництва.

Доставка агломерату є одним із найбільш масових вантажопотоків на підприємстві. Безперервність виробничого процесу цілодобово забезпечує робочий парк вагонів-хоперів для перевезення агломерату. За даними комбінату ім. Ілліча обсяги виробництва агломерату сягають 11,86 млн. т/рік (33,5 тис. т/добу).

Перевезення агломерату розглядатимемо як транспортно-технологічний цикл. Транспортно-технологічний цикл є виробничий процес з перевезення вантажу, коли виконуються етапи подачі рухомого складу під навантаження, транспортування та розвантаження. Транспортно-технологічний цикл перевезення агломерату складається з 3-х транспортно-технологічних процесів (далі - ТТП), у кожному з яких операції можуть проходити послідовно, паралельно, або послідовно-паралельно: обробка складу з агломератом під час та після прийому на станцію навантаження (ТТП-1); перевезення агломерату від станції «Аглофабрика» до станції «Бункер» (ТТП-2); Вивантаження (ТТП-3). Відповідно, ТТП-1 (рис. 1) включає операції з прийому на станцію, навантаження, процедуру згашування, формування складу («вертушки»), відправку з нормативним часом на їх виконання  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$ .

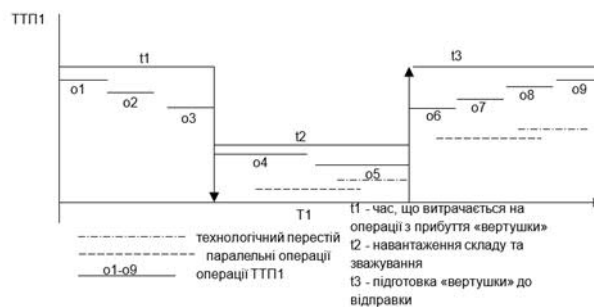


Рис. 1. Транспортно-технологічний процес роботи складу з агломератом під час та після прийому на станцію навантаження

ТТП2 складається з часу  $t_4$  перевезення агломерату від станції «Аглофабрика» до станції «Бункера» (рис. 2) і включає безпосередньо саме переміщення (o10), і, водночас, технологічні простої під час очікування, оскільки маршрут пролягає через 3 проміжні станції та «вертушка» в 50% рейсів перебуває в очікуванні перед входним світлофором станції, пропускаючи інші рухомі потяги.



Рис. 2. Транспортно-технологічний процес перевезення агломерату

ТТПЗ (рис. 3) складається з часу  $t_5$ ,  $t_6$ ,  $t_7$ .  $t_5$  включає операції з рухомих складом після прибуття на станцію Ново-Бункерна, в залежності від кількості працюючих доменних печей і, відповідно, необхідності прискорити процес подачі вагонів на бункери доменного цеху, склад подається по 12, або по 24 вагони, при цьому може використовуватися як поїзний, так і додатковий маневровий локомотив.  $t_6$  - операції з вивантаження на бункерах на станції Бункерного доменного цеху;  $t_7$  - операції з підготовки до відправки порожнього складу та відправлення, які включають операції з усунення несправностей системи розвантажувальних люків вагонів.

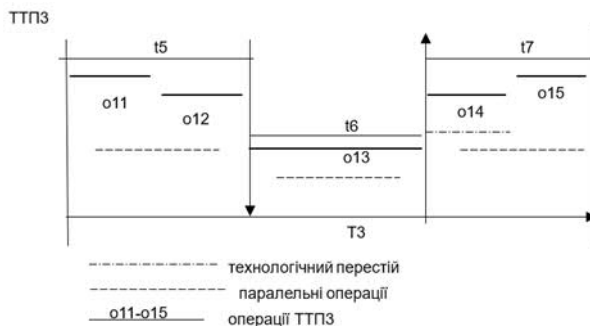
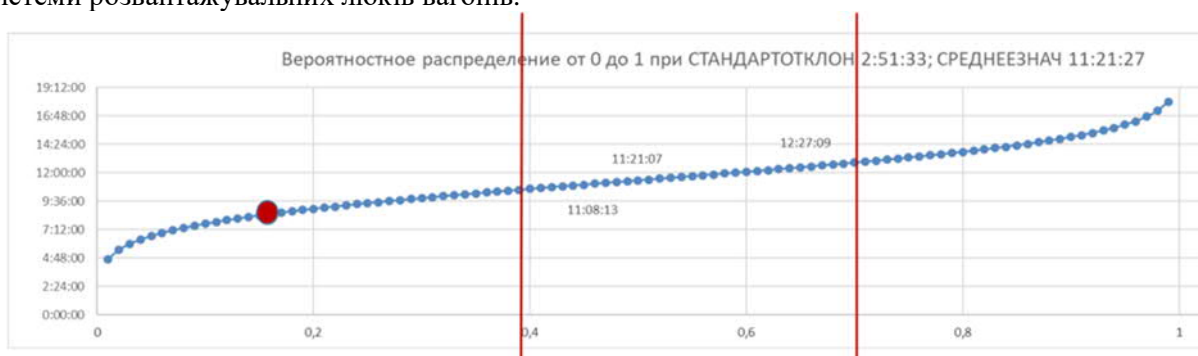


Рис. 3. Транспортно-технологічний процес роботи рухомого складу при розвантаженні

В результаті розрахували за часом транспортно-технологічний цикл перевезення агломерату, використовуючи фактичні дані по всіх операціях вибірки з 384 «вертушки» за місячний інтервал, і за допомогою програмного середовища Excel отримали: математичне очікування, дисперсію математичного очікування, стандартне відхилення, коефіцієнт варіації, дані наведено на графіку (рис. 4).



22:27:17 МАКС N=386  
 4:38:00 МІН Period = 1 month  
 2:16:22 СРОТКЛОН  
 0:20:26 ДІСП Г  
 2:51:33 СТАНДАРТ ОТКЛОН  
 11:21:27 СЕРЕДНЄ ЗНАЧ  
 25% КОЕФ ВАРІАЦІЇ

Рис. 4. Результати розрахунку транспортно-технологічного циклу перевезення агломерату за часом

На графіку вказано фактичну ймовірність часу повного циклу переміщення агломерату порівняно з існуючим за нормативним контактним графіком, затвердженим на підприємстві. При нормі о 8 годині середня фактична тривалість транспортно-технологічного циклу складе 11 годин 21 хвилину.

### Висновки

Планувальні рішення деяких металургійних підприємств, побудованих протягом двадцятого століття, створюють умови для неефективного

транспортного обслуговування з безлічі причин: розташування переділів на великих відстанях, створення дорогої залізничної інфраструктури, що є не тільки транспортним вузлом для обслуговування виробництв, але й проблемою, що пов'язана з пропускною спроможністю, високими витратами на утримання; втрата часу через простий залізничний вагон в очікуванні на коліях відстію перед формуванням (розформуванням) поїздів; відсутність резерву виробничих потужностей, які не були передбачені забудовою при плануванні розташування основних,

допоміжних цехів і які в даний момент часу неможливо створити,

Перевезення агломерату з аглофабрики до доменного цеху є прикладом невідповідності принципам логістики металургійного підприємства, таке перевезення є причиною зриву виробничого процесу у разі несвоєчасної доставки сировини до доменного цеху.

#### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Парунакян, В. Э. Транспортное обслуживание металлургического производства : учеб. пособие / В. Э. Парунакян, А. В. Маслак. – Мариуполь: ПГТУ, 2014. – 209 с.
2. Костин, И. И. Генеральный план и транспорт промышленных предприятий: учебник для вузов / И. И. Костин, А. С. Гельман, В. Я. Ильин ; под ред. И. И. Костина, В. И. Тиверовского. – Москва : Стройиздат, 1981. – 192 с.
3. Рыгалов В. А. Генеральные планы промышленных предприятий / В. А. Рыгалов., О. П. Метляева, М. Н. Болотова. – Москва : Стройиздат, 1973. – 183 с.
4. Шаульский, Б. Ф. Проектирование генерального плана и транспорта промышленных предприятий : метод. указания / Б. Ф. Шаульский. – Москва : МГУПС (МИИТ), 2002. – 60 с.
5. Яковлев, В. Ф. Генеральный план и транспорт промышленных предприятий. Ч. 1. Основы

проектирования генеральных планов : учебное пособие / В. Ф. Яковлев, И. И. Семенов. – Санкт-Петербург, ПГУПС, 1999. – 150 с.

6. Рытов, Ю. И. Современные решения генеральных планов и транспорта металлургических заводов / Ю. И. Рытов. – Москва : Металлургиздат, 2007. – 213 с.

7. ГОСТ 21.508-93. Правила выполнения рабочей документации генеральных планов предприятий, сооружений и жилищно-гражданских объектов. – Введ. 1994–09–01. – Москва : Стандартиформ, 2008. – 35 с.

8. ГОСТ 21.204-2020. Условные графические обозначения и изображения элементов генеральных планов и сооружений транспорта. – Введ. 2021–01–01. – Москва : Стандартиформ, 2020. – 31 с.

9. СП 18.13330.2011. Генеральные планы промышленных предприятий. – Москва, 2011. – 45 с.

10. Воропай, В. С. Аналіз планувального рішення виробничих об'єктів і транспортних комунікацій металургійного комбінату / В. С. Воропай // Наука та виробництво: міжвуз. темат. зб. наук. пр. Вип. 24/ДВНЗ «ПДТУ». – Україна, Маріуполь, 2021. – 267-280. – укр.

Надійшла в редколегію 03.12.2022.

Прийнята до друку 20.12.2022.

V. VOROPAI

### ANALYSIS OF NORMAL PERFORMANCE INDICATORS OF HOPPER SEMI-WAGONS WHEN PERFORMING "HOT TRANSPORTATION" ACCORDING TO THE CONTACT SCHEDULE

**Abstract.** The article is devoted to the analysis of the normative indicators of the operation of hopper semi-wagons by time during the transportation of agglomerate from the sinter factory to the blast furnace. For the first time, questions were raised about the irrationality of intra-factory transportation of agglomerate by rail over long distances. Graphs of the transport and technological cycle are constructed. The results of calculations of the operation of mobile warehouses with agglomerate according to the normative and actual schedule of their implementation are given.

**Keywords:** hopper wagon, transport and technological cycle, agglomerate, general plan, metallurgical enterprise, industrial enterprise, mathematical statistics.



УДК 656

В. В. ГУДІМОВ<sup>1\*</sup>, Є. А. МАКСИМЕНКОВ<sup>2\*</sup>

<sup>1\*</sup>Кафедра військової підготовки спеціалістів Держспецтрансслужби Українського державного університету науки і технологій, вул. Лазаряна 2, м. Дніпро, Україна, тел: +38 (067) 605 33 76, ел. пошта gudviktor777@dmail.com ORCID 0000-0002-6630-650X

<sup>2\*</sup>Кафедра військової підготовки спеціалістів Держспецтрансслужби Українського державного університету науки і технологій, вул. Лазаряна 2, м. Дніпро, Україна, тел: +38 (068) 691 39 61, ел. пошта u.a.maksymenkov@ust.edu.ua ORCID 0000-0002-9608-7301

## ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ, ІНШИХ ВІЙСЬКОВИХ ФОРМУВАНЬ ПІД ЧАС БОЙОВИХ ДІЙ

**Мета.** Метою логістичного забезпечення Збройних Сил є задоволення потреб військ у засобах, необхідних їм для життя і проведення мілітарних і позамілітарних операцій, та забезпечення здатності людського потенціалу, а також озброєння і військового обладнання до проведення бойових дій. Важливою особливістю сучасної війни є висока динаміка бойових дій, яка досягається завдяки оперативній мобільності військ і їх швидкому переміщенню. Автомобільний транспорт відіграє в цьому визначну роль. Метою роботи є проведення аналізу організації безперервності військового перевезень в умовах ведення бойових дій Збройними Силами України. Наразі важливим є питання з взаємодії різних видів транспорту в умовах виходу з ладу важливих об'єктів транспортної інфраструктури. Сучасні дослідження факторів які впливають на взаємодію видів транспорту при військових перевезеннях надасть змогу оперативно вирішувати проблеми які виникають при перерві роботи транспорту. **Методика.** На сьогодні у Збройних Силах України створена система підвезення матеріальних засобів, яка в основному задовольняє потреби військ, що задіяні до виконання завдань в бойових операціях. Постачальні військові залізничні перевезення – перевезення залізничним транспортом військових вантажів для забезпечення виконання завдань Збройними Силами України. Але висвітлено ряд проблемних питань щодо їхньої організації, планування та взаємодії з транспортними органами, які є важливим фактором забезпечення високої мобільності і маневреності військ. Для з'ясування шляхів вирішення проблемних питань, пов'язаних з виконанням військових перевезень у ході підготовки та проведення бойових дій, які впливають на якість їх виконання, проведено аналіз організації та здійснення військових перевезень. **Результати.** Багаторічний досвід локальних війн і збройних конфліктів свідчить, що автомобільний транспорт має ряд переваг перед іншими видами транспорту: він без відриву може пересуватись за своїми військами, знаходитись у їх бойових порядках, забезпечувати транспортування великої кількості матеріальних засобів безпосередньо у війська, а також виконувати евакуаційні перевезення. Завдяки своїй маневреності, гнучкості, високій прохідності та меншій уразливості автомобільний транспорт є вирішальним засобом, що забезпечує тісний взаємозв'язок усіх інших видів транспорту під час їх комплексного використання при організації всебічного забезпечення військ. **Наукова новизна.** Ефективна відсіч російським загарбникам під час широкомасштабного вторгнення російської федерації на територію нашої країни значною мірою залежить від здатності вітчизняного автомобільного транспорту оперативно здійснювати всі види перевезень у необхідних обсягах для задоволення потреб Збройних сил України та інших утворених відповідно до законів України військових формувань, національної економіки та цивільного населення. **Практична значимість.** Відповідно проведеного аналізу надано рекомендації, що для збереження мережі логістичного забезпечення підрозділів в особливий період, конкретно живучості транспортних споруд, можна сформулювати подальші напрямки наукових досліджень, для створення раціональної системи розташування підрозділів технічного прикриття найбільш вразливих транспортних об'єктів, а також для швидкого відновлення їх при руйнуванні.

*Ключові слова:* автомобільний транспорт, військові перевезення, автомобільні військові частини КСЛ ЗС України, транспортні засоби.

### Вступ

Однією з найважливіших умов, що забезпечують безперервність перевезень у сучасній війні, є комплексне використання всіх видів транспорту, під яким слід розуміти узгоджену їх роботу, що здійснюється на основі загального плану під єдиним керівництвом з метою

безперебійного забезпечення перевезень військ та різноманітних матеріальних засобів.

При виконанні військових перевезень роль окремих видів транспорту не є однаковою і визначається специфічними особливостями кожного з них. В залежності від виду транспорту, який використовується, військові перевезення

можуть бути залізничними, водними (морськими та річковими), повітряними, автомобільними і комбінованими.

### **Постановка проблеми та мети дослідження**

Логістичне забезпечення Збройних Сил – є функцією, яка реалізується органами керування, логістичними підрозділами і обладнанням на користь військ та виражається у реалізації матеріального забезпечення (постачання), технічного забезпечення, транспортного забезпечення і експлуатації інфраструктури, а також вибраних аспектів медичного забезпечення. Логістичне забезпечення органів і підрозділів, які прямують до справного організування функціонування логістичної системи, результативного використання транспортної мережі і транспортних засобів, а також забезпечення військам усього, що їм є необхідним для життя і проведення операцій під час війни. Воно полягає у координації, плануванні, організуванні, стимулюванні і контролюванні використання різноманітних засобів постачання, а також реалізації широкої гами спеціалізованих і господарсько-побутових послуг. Метою логістичного забезпечення Збройних Сил є задоволення потреб військ у засобах, необхідних їм для життя і проведення мілітарних і позамілітарних операцій, та забезпечення здатності людського потенціалу, а також озброєння і військового обладнання до проведення бойових дій.

Важливою особливістю сучасної війни є висока динаміка бойових дій, яка досягається завдяки оперативній мобільності військ і їх швидкому переміщенню. Автомобільний транспорт відіграє в цьому визначну роль. Простіше кажучи, маючи їздити – ти маєш перевагу над тим, хто такої змоги не має. Тому Українська армія, відбиваючи широкомасштабне російське вторгнення, особливе значення надала засобам пересування- автомобілям. На сьогодні у Збройних Силах України створена система підвезення матеріальних засобів, в тому числі автомобільним транспортом, яка в основному задовольняє потреби військ, що задіяні до виконання завдань, але є ряд проблемних питань щодо організації, планування та взаємодії з транспортними органами інших видів транспорту, які забезпечують безперервність перевезень у сучасній війні, і є важливим фактором забезпечення високої мобільності і маневреності військ.

На російсько-українській війні наші воїни їздять, на чому доведеться. І не лише на військовому автотранспорті, який згідно зі штатом має бути у військових частинах і підрозділах. Чимало транспортних засобів надійшли до військ за мобілізацією з народного господарства, певну кількість одиниць війська отримали як

міжнародну військову допомогу, а також техніку від волонтерів. Усе це сьогодні «воює» у складі української армії, і завдяки чому вона протистоїть російській агресії.

Ефективна відсіч російським загарбникам під час широкомасштабного вторгнення російської федерації на територію нашої країни значною мірою залежить від здатності вітчизняного автомобільного транспорту оперативно здійснювати всі види перевезень у необхідних обсягах задля задоволення потреб Збройних сил України та інших утворених відповідно до законів України військових формувань, національної економіки та цивільного населення.

Логістичне забезпечення Збройних Сил повинне відповідати наступним вимогам:

- наявність єдиної нормативно-правової бази щодо організації логістичного забезпечення Збройних Сил;

- централізована організація планування логістичного забезпечення, військових перевезень усіма видами транспорту та підвезення МтЗ автомобільним транспортом;

- модульний та територіальний принципи побудови інфраструктури логістики;

- баланс між ефективністю логістичного забезпечення та досягненням максимальної економії державних коштів;

- чітка та прозора система управління логістичним забезпеченням; забезпечення раціонального розподілу, своєчасного накопичення, належного зберігання непорушних запасів МтЗ та можливість здійснювати їх своєчасний перерозподіл (оперативний маневр).

Організація виконання завдань логістичного забезпечення Збройних Сил у своїй діяльності має керуватися головним пріоритетом- організацією надійного, повного та своєчасного забезпечення Збройних Сил необхідними ОВТ та МтЗ.

### **Викладення основного матеріалу**

Залізничний транспорт є самим потужним видом сухопутного транспорту, здатним виконувати масові перевезення військ і вантажів на великі відстані. Головною його перевагою є високі швидкості й більша провізна спроможність, регулярність роботи в будь-яких погодних умовах, а також у різні пори року та доби.

Однак у силу прив'язаності до полотна залізної дороги, значної уразливості внаслідок впливу противника та труднощів щодо відновлення зруйнованих ділянок шляхів не дозволяють залізничному транспорту забезпечувати доставку матеріальних засобів безпосередньо до бойових порядків військ, особливо при веденні наступальних операцій (бойових дій).

Морський транспорт має важливе значення

для виконання перевезень на приморських напрямках. Він має більшу вантажність і високу маневреність. Недоліком морського транспорту є залежність обсягів перевезень від розвитку технічної бази портів.

Річковий транспорт - один із найбільш дешевих видів транспорту. Вартість перевезень на 1 км річкового шляху значно нижча, ніж на залізницях. Недоліками річкового транспорту є: низька швидкість руху, тривалість відновлення гідротехнічних споруд, тривалі строки виконання вантажних операцій, несприятливі окреслення внутрішніх водних шляхів до переднього краю військ, сезонність роботи.

Повітряний транспорт останнім часом набуває все більшого значення. Його основна перевага полягає в можливості швидкого перекидання військ і вантажів на далекі відстані у будь-якому напрямку та в тил противника, висока маневреність та гнучкість в управлінні.

Недоліком повітряного транспорту для використання його при масових військових перевезеннях є фінансова складова, складність експлуатації, залежність від метеорологічних умов, труднощі підготовки аеродромів, непристосованість до перевезення ряду важких і великогабаритних видів військової техніки та вантажів.

Багаторічний досвід локальних війн і збройних конфліктів свідчить, що автомобільний транспорт має ряд переваг перед іншими видами транспорту: він без відриву може пересуватись за своїми військами, знаходитись у їх бойових порядках, забезпечувати транспортування великої кількості матеріальних засобів безпосередньо у війська, а також виконувати евакуаційні перевезення. Завдяки своїй маневреності, гнучкості, високій прохідності та меншій уразливості автомобільний транспорт є вирішальним засобом, що забезпечує тісний взаємозв'язок усіх інших видів транспорту під час їх комплексного використання при організації всебічного забезпечення військ.

Основними завданнями автомобільних військових частин є виконання військових автомобільних перевезень.

Правильність планування роботи автомобільного транспорту має вирішальне значення при організації перевезень для підвищення ефективності його використання.

Планування ґрунтується на реальному врахуванні можливостей автомобільних частин і має бути спрямоване на забезпечення найбільш ефективного та узгодженого використання автомобільного транспорту.

В умовах бойових дій планування перевезень має свої особливості. Вплив таких чинників, як характер бойових дій військ, стан місцевості, швидка зміна обстановки, вплив противника на

роботу транспорту, різноманітність і нерівномірна потреба військ у підвезенні матеріальних засобів практично не завжди дає можливість передбачити найбільш прийнятний варіант роботи автомобільного транспорту на тривалий період.

Це надзвичайно ускладнює процес планування і викликає необхідність мати більш гнучку систему управління.

Автомобільний транспорт у військових частинах (ОК) логістичного забезпечення, КСЛ, видів, окремих родів військ (сил) Збройних Сил України, ОК і військової ланці є основним.

Виконання автомобільних перевезень здійснюється автомобільним транспортом військових частин (органів) логістичного забезпечення КСЛ, видів Збройних Сил України, ОК, угруповань військ (сил). Як правило, автомобільні частини (підрозділи) використовуються для підвезення вантажів, відповідно:

- автомобільні військові частини КСЛ ЗС України – для перевезень МЗ від військових частин (органів) логістичного забезпечення центру до військових частин (органів) логістичного забезпечення видів Збройних Сил України, ОК, угруповань військ (сил);

- автомобільні військові частини ОК – для перевезень МЗ від військових частин (органів) логістичного забезпечення видів Збройних Сил України, ОК, угруповань військ (сил) до підрозділів логістичного забезпечення військових частин, аеродромів, в окремих випадках – до вогневих позицій артилерії, минаючи проміжні ланки.

У разі необхідності для підвезення (подачі) ОВТ та військового вантажу із вищої ланки можуть залучатись автомобільні частини (підрозділи) нижчої ланки.

Визначені військові частини повинні завантажуватись матеріальними засобами і підвозити їх, як правило комплектами (в обсязі добової потреби бригад, полків), які включають в себе всі основні види боеприпасів, пального, продовольства та інших матеріальних засобів.

В системі логістичного забезпечення до автомобільних військових частин відносяться окремий автомобільний батальйон, батальйон забезпечення, які призначені у воєнний час – для підвозу різноманітних видів матеріальних засобів, необхідних для ведення бойових дій, утримання рухомих запасів, евакуації поранених, хворих та непотрібного військам озброєння, техніки та майна, перевезення матеріальних засобів всередині баз і тимчасових перевантажувальних районів при порушенні роботи залізничного транспорту.

Крім цього батальйон забезпечення може залучатися для перевезення військ (сил), які не мають власного автотранспорту, частин і установ

логістики, а також евакуації мирного населення з прифронтової полоси.

Автомобільні військові частини, укомплектовані автопоїздами великої вантажопідйомності, використовуються для транспортування важкого наземного обладнання, ракетного озброєння, танків, пускових установок на гусеничному шасі та іншої військової техніки на важко-возних причепах та напівпричепах з метою збереження запасу моторесурсів. Автопоїзда при відповідному обладнанні можуть використовуватися для перевезення пального в металевих резервуарах та суховантажів в контейнерах.

Автомобілі зі спеціальним обладнанням кузовів використовуються для транспортування комплектів труб та обладнання трубопровідних частин, засобів переправи інженерних військ, ракетного озброєння, палива та іншого майна.

По призначенню (спеціалізації) автомобільні розділяються на:

- підвозу суховантажів (бортові);
- підвозу пального (наливні);
- підвозу спеціальних вантажів (ракет та боеприпасів);
- важких машин;
- багатоцільового призначення (мультиліфт).

Автомобільні підрозділи складаються з автомобільних батальйонів (окремих батальйонів забезпечення) та підрозділів забезпечення та обслуговування.

Основними підрозділами автомобільного батальйону (окремого автомобільного батальйону) є чотири автомобільні роти, кожна з яких складається з трьох взводів, взвод – з двох (трьох) відділень, в кожному із яких є по 8-10 автомобілів.

В основу формування автомобільних військових частин покладені наступні принципи:

- автомобільні підрозділи укомплектовуються однотипними по марках та вантажопідйомності автомобілями;
- автомобільні частини повинні бути самостійними, повністю спроможні забезпечити себе в управлінні, матеріальному, технічному і медичному відношенні.

В залежності від призначення автомобільні військові частини укомплектовуються: вантажними автомобілями та причепами (бортовими), сідельними тягачами з напівпричепами, автоцистернами, автопаливозаправниками та наливними причепами, сідельними тягачами з важко-возними напівпричепами для перевезення великогабаритних вантажів, спеціальними автомобілями, а для проведення ремонту та технічного обслуговування автомобільної техніки всі частини укомплектовуються рухомими ремонтними майстернями.

Залежно від призначення автомобільні

частини укомплектовуються:

– вантажними автомобілями й причепами (бортовими, сідельними тягачами й напівпричепами, автопаливозаправниками, автопаливозаправниками й наливними причепами, автопоїздами для перевезення техніки, озброєння й важких великогабаритних вантажів);

– спеціальними автомобілями (санітарними, авторефрижераторами, автоводоцистернами, спеціальними цистернами), а для проведення технічного обслуговування й ремонту автомобільної техніки - рухомими майстернями (МТО-АТ-М1, ПАРМ-1М, ПАРМ-3М).

В основу формування автомобільних частин покладені наступні принципи:

- автомобільні роти, батальйони, а по можливості й полки укомплектовуються однотипними за марками та вантажністю автомобілями;
- автомобільні частини повинні бути самостійними, повністю забезпечувати себе в управлінні, матеріальному, технічному й медичному відношенні.

Вантажність автомобільних підрозділів і частин залежить від вантажності та кількості наявних у них автомобілів і причепів. Так, штатна вантажність автомобільної роти з урахуванням коефіцієнтів технічної готовності (КТГ) і використання вантажності (КВВ), рівних 0,9, становить 360 т для бортових і 210 т для наливних автомобілів.

Сьогодні автомобільні частини й підрозділи укомплектовані більш сучасними транспортними засобами, володіють більшим запасом ходу до чергового ремонту та по пальному, більшою вантажністю й вищою прохідністю, легкістю керування, надійністю та здатністю працювати в будь-яких дорожньо-кліматичних умовах.

Ефективність роботи автомобільних частин багато в чому залежить від продуманого та правильно спланованого їх використання.

Основні принципи, що здійснюють вплив на ефективність використання автомобільних частин в операціях, зводяться до наступного:

- відповідність завдань перевезення реальним можливостям автотранспорту в даній конкретній обстановці;
- централізоване використання і єдине керівництво автотранспортом у кожній ланці підвезення;
- раціональний розподіл автотранспорту по напрямках, ділянках підвезення й маршрутах руху;
- використання автомобільних частин на одних закріплених напрямках;
- планування перевезень із мінімальною кількістю перезавантажень матеріальних засобів;
- надання необхідного часу автомобільним

частинам для якісного планування й забезпечення перевезень, підготовки особового складу й автотранспорту до перевезень;

- вибір найбільш раціонального складу автомобільної колони;
- наявність постійного резерву автотранспорту, необхідного для виконання раптово виниклих завдань щодо перевезення матеріальних засобів тощо.

Підвезення матеріальних засобів військам організовується за принципом «зверху вниз» («від себе»), а евакуація – «знизу вгору» («на себе»). Це означає, що старші начальники несуть відповідальність за організацію постачання та доставки матеріальних засобів, необхідних військам, а також за евакуацію поранених, хворих і майна.

Перевезення матеріальних засобів автомобільним транспортом зазвичай здійснюється: від баз Центру до складів ОК- транспортом Центру, від складів ОК до бригадних складів – транспортом ОК, від бригадних складів до батальйонів і вогневих позицій бригадної артилерії – бригадним автотранспортом, від батальйонів до підрозділів - транспортом взводів забезпечення батальйонів.

Відповідно до цього визначені і ланки підвезення:

- в оперативному тилу: від баз Центру до складів ОК; від складів ОК до бригадних складів;
- у військовому тилу: від бригадних складів до батальйонів; від батальйонів до підрозділів.

Отже, при класичній системі організації перевезень кожний вид автотранспорту за належністю працює в своїй ланці підвезення.

Однак при необхідності, за рішенням старшого начальника, автотранспорт нижчих ланок може залучатися для виконання перевезень з баз (складів) вищих інстанцій, а автомобільний транспорт вищих ланок подавати матеріальні засоби безпосередньо в з'єднання (частини, підрозділи), минаючи проміжні ланки підвезення.

Обсяг і черговість перевезень матеріальних засобів автомобільним транспортом визначаються виходячи з обстановки, бойових завдань військ та їх матеріальної забезпеченості. Матеріальні засоби загальновійськовим резервам і частинам спеціальних військ доставляються, як правило, їх автотранспортом.

Евакуація, як правило, виконується попутним чи автомобільним транспортом, що повертається в тил, і в першу чергу використовується для евакуації поранених і хворих. Підвезення та евакуація плануються й організовуються за вказівкою заступника командира з тилу. Він встановлює порядок і терміни підвезення, організує маневр транспортними засобами відповідно до обстановки, що змінилася.

Під організацією військових автомобільних перевезень (ВАП) варто розуміти комплекс організаційно-технічних заходів, що включають планування, забезпечення, виконання та управління ними.

При організації ВАП необхідно враховувати конкретні умови, в яких вони будуть здійснюватися: місцевість, клімат, пору року, тривалість, умови навантаження і вивантаження, довжину і стан маршрутів руху, дорожнє забезпечення та інші фактори, що впливають на своєчасне та якісне виконання перевезень.

В залежності від характеру і призначення ВАП поділяються на наступні види:

- оперативні - перевезення військових частин (підрозділів), установ і бойової техніки;
- людські - перевезення призовників, тих, хто звільняється, а також інших військових команд;
- постачальницькі - перевезення матеріальних засобів та інших військових вантажів;
- евакуаційні - перевезення з місць проведення бойових дій в тил поранених, хворих, не потрібних військам і потребуючих ремонту техніки, озброєння та майна.

Оперативні перевезення плануються загальновійськовим штабом, а людські, постачальницькі та евакуаційні - органами тилу.

В залежності від ланки підвезення ВАП поділяються на перевезення Центру, Оперативних Командувань і військові.

Автомобільні перевезення Центру організуються автотранспортною службою тилу і виконуються автомобільними частинами Центру від місць виробництва матеріальних засобів, центральних баз і складів до складів (баз) ОК, портів та аеродромів матеріального забезпечення.

Автомобільні перевезення ОК організуються автотранспортною службою ОК і виконуються згідно з планами силами і засобами ОК.

ВАП організовується заступником командира частини з тилу і виконуються автотранспортом частини.

В залежності від ланки підвезення, в якій виконуються перевезення, кількості напрямків підвезення, тривалості роботи, наявності сил і засобів, умов навантаження та вивантаження, дорожніх умов і дорожнього забезпечення, характеру можливого впливу противника та інших факторів перевезення можуть бути організовані наскрізним чи дільничним способом, одиночними машинами чи в складі колони.

*Наскрізний спосіб* означає доставку матеріальних засобів від пункту навантаження до пункту вивантаження без зміни транспортних засобів при одному чи двох водіях на машині. Наскрізний спосіб є основним способом при організації ВАП у ЗС України.

Середньодобовий пробіг транспорту при

наскрізному способі підвезення з одним водієм складає до 300 км і більше, а при двох водіях - до 550-600 км [9].

Орієнтовний розподіл часу при виконанні перевезень наскрізним способом наведений в табл. 1.

Таблиця 1

**Орієнтовний розподіл часу при виконанні перевезень наскрізним способом**

Показники	При одному водії, год.	При двох водіях, год.
Рух, навантаження і вивантаження вантажів	12-14	17-18
Привали	3-4	3-4
Відпочинок особового складу	6-8	3 (крім того, вільна зміна відпочиває в дорозі)

Повний час обороту (рейсу)  $T_{об}$  автотранспорту при наскрізному способі перевезення складає

$$t_{об} = t_p + t_{пнв} + t_{вто}, \quad (1)$$

де  $t_p$  – тривалість руху, год.;

$t_{пнв}$  – тривалість простою під навантаженням і вивантаженням, год.;

$t_{вто}$  – час для відпочинку водіїв і проведення технічного обслуговування автомобілів, год.

*Наскрізний спосіб* руху при одному водії доцільно застосовувати в тих випадках, коли автомобіль може зробити оборот за робочий день, тобто тоді, коли не потрібно відпочинку водіїв у процесі перевезення. Середньодобовий пробіг автотранспорту 250-300 км відповідає відстані 120-150 км.

При відстанях перевезення, що перевищують 150 км, можливе застосування так званої турної системи їзди, при якій в автомобілі їдуть два водії (один за кермом, а інший відпочиває; у дорозі вони підміняють один одного). Застосування такої системи їзди дає можливість скоротити непродуктивні простої автотранспорту і збільшити середньодобовий пробіг автомобілів до 600 км.

*Дільничний спосіб* означає доставку матеріальних засобів від пункту навантаження до пункту вивантаження при безупинному русі по ділянках маршруту, що обслуговується закріпленими за ними водіями чи автотягачами з водіями. Швидкість просування вантажів при цьому досягає 700 км на добу і більше.

При дільничному способі підвезення маршрут перевезень розбивається на ділянки по 150-250 км, на межах яких здійснюється передача

вантажів.

Передача вантажів з ділянки на ділянку можлива шляхом перевантаження вантажів, передачі контейнерів, автомобілів (автопоїздів), перечеплення причепів і напівпричепів. Найбільш раціональним способом передачі вантажів з однієї ділянки на іншу варто вважати перечеплення напівпричепів, тобто такий спосіб, при якому тягач працює на визначеній ділянці, а напівпричепа з вантажем передаються з ділянки на ділянку.

Дільничним способом, як правило, здійснюються автомобільні перевезення на великі відстані з тривалим періодом роботи транспорту на одному напрямку при наявності відповідних транспортних засобів. Для організації дільничного способу перевезень автомобільні частини (підрозділи) повинні мати, як правило, дві зміни водіїв, а при зміні напівпричепів, крім того, автопоїзди в складі тягачів і напівпричепів однакових чи взаємозамінних марок.

В усіх випадках успішне виконання автомобільних перевезень досягається:

- забезпеченням високої готовності автомобільних частин до роботи в складних дорожніх умовах і бойовій обстановці;
- правильним використанням транспорту підвезення і своєчасним маневруванням ним;
- своєчасним збором даних про стан маршрутів руху і взаємодією з дорожніми та інженерними військами;
- забезпеченням своєчасного навантаження (вивантаження) матеріальних засобів в автомобільний транспорт;
- правильною організацією руху колон автомобільних частин і підрозділів;
- дотриманням скритності перевезень;
- виконанням заходів щодо збереження вантажів при перевезеннях, навантаженні (вивантаженні);
- організацією надійного захисту, охорони та оборони автомобільних частин і підрозділів;
- організацією безперервної і цілеспрямованої виховної роботи з особовим складом;
- організацією матеріального, технічного і медичного забезпечення автомобільних частин у районах розміщення і колон у районах навантаження (вивантаження), а також на шляху проходження;
- правильним розміщенням автомобільних частин у залежності від поставленого завдання і конкретних умов обстановки;
- чітким плануванням автомобільних перевезень і безперервним управлінням ними.

### Висновки

Досвід виконання військових перевезень у ході підготовки та проведення бойових дій

показує, що характер та способи ведення сучасних операцій створюють складні умови для організації військових перевезень. Це визначається складністю транспортних завдань, різким збільшенням обсягів військових перевезень, обмеженим часом на їх виконання, а також загрозою впливу противника по транспортним об'єктам. Безперервність військових перевезень може бути досягнута чітким його плануванням, завчасною та всебічною підготовкою шляхів сполучення і транспортних засобів до виконання масових військових перевезень. Важливим фактором успішного виконання військових перевезень є організація надійної взаємодії між військами та органами транспорту з метою забезпечення високої мобільності, маневреності військ.

В ході дослідження були розглянуті завдання забезпечення безперервності роботи транспорту в складних умовах, методи вирішення проблем пов'язаних з виходом з ладу об'єктів транспорту, та організація безперебійної роботи транспорту. Складання єдиних графіків роботи транспорту - є одним з найважливіших питань взаємодії роботи транспорту в складних умовах, враховуючи особливості функціонування видів транспорту за допомогою яких здійснюється забезпечення логістики в умовах виходу з ладу засобів транспорту. Виходячи із вищезазначеного для збереження мережі логістичного забезпечення підрозділів, конкретно - живучості транспортних споруд, можна сформулювати подальші напрямки наукових досліджень:

1. Створення раціональної системи розташування підрозділів технічного прикриття на території держави, з наявними у них силами і засобами для швидкого відновлення зруйнованих транспортних об'єктів.

2. Підготовка підрозділів здатних швидко виконувати відновлення.

V. HUDIMOV, Y. MAKSYMENKOV

## **TRANSPORT AND LOGISTICS SUPPLY OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE, OTHER MILITARY FORMS DURING COMBAT OPERATIONS**

Summary: Long-term experience of local wars and armed conflicts shows that road transport has a number of advantages over other types of transport: it can continuously follow its troops, be in their battle formations, ensure the transportation of a large amount of material resources directly to the troops, and also perform evacuation transportation. Due to its maneuverability, flexibility, high passability and less vulnerability, road transport is a decisive means that ensures the close relationship of all other types of transport during their integrated use in the organization of comprehensive support of troops.

*Keywords:* automobile transport, military transportation, automobile military units of the KSL of the Armed Forces of Ukraine, vehicles.

## **БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК**

1. Закон України «Про оборону України», м. Київ 6 грудня 1991 року №1933- XII.
2. Закон України «Про функціонування єдиної транспортної системи України в особливий період» (із змінами і доповненнями)
3. Закон України "Про мобілізаційну підготовку та мобілізацію" (із змінами і доповненнями)
4. Закон України «Про транспорт» (із змінами і доповненнями)
5. Постанова КМУ від 4 листопада 2015 р. № 891 «Про затвердження Порядку організації діяльності залізничного транспорту під час здійснення військових залізничних перевезень».
6. Бойовий статут Механізованих і танкових військ Сухопутних військ Збройних Сил України, частина II, 2016. – 225 с.
7. Про затвердження Положення з військових перевезень залізничним, морським, річковим та повітряним транспортом : наказ Міністра оборони України від 05.09.2013 р. № 595. Офіційний вісник України. 2013. №78. С. 126;
8. Статут внутрішньої служби Збройних сил України : редакція від 01.10.2020. Офіційний вісник України. 1999. №20. С. 5;
9. Бауэрсокс Д.Д., Клосс Д.Д. Логистика: интегрированная цепь поставок Перевод с англ. М: ЗАО "Олимп-Бизнес", 2001.
10. Навчальний посібник. «Військові автомобільні перевезення». Львів. Академія сухопутних військ. 2020.
11. Настанова. Автомобільна бригада (окремий автомобільний батальон). КОМАНДУВАННЯ СИЛ ЛОГІСТИКИ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ. Грудень. 2020.
12. Система розгортання та переміщення об'єднаних сил в операціях за стандартами НАТО (Allied Deployment and Movements System): навчальн. посіб. – [П.І. Смолич, А. С. Барарига] К.: НУОУ ім. Івана Черняхівського, 2016.

Надійшла до редколегії 26.10.2022.

Прийнята до друку 12.11.2022.

Г. П. КОВАЛЕНКО<sup>1\*</sup>, А. М. НЕТЕСА<sup>2\*</sup>, С. О. ЯКОВЛЕВ<sup>3\*</sup>

<sup>1\*</sup> Кафедра військової підготовки спеціалістів Державної спеціальної служби транспорту Українського державного університету науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, 49010, м. Дніпро, Україна, тел. +38 (050) 382-96-32, ел. пошта grkov2014@gmail.com

<sup>2\*</sup> Кафедра «Будівельне виробництво та геодезія», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, 49010, м. Дніпро, Україна, тел. +38 (063) 769-25-51, ел. пошта adreyunetesa@meta.ua, ORCID 0000-0002-3364-3446

<sup>3\*</sup> Кафедра «Будівельне виробництво та геодезія», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, 49010, м. Дніпро, Україна, ел. пошта weis23649@gmail.com, ORCID 0000-0002-6431-4303

## АНАЛІЗ ЗАСОБІВ І ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ КРІПЛЕННЯ СПЕЦІАЛЬНОЇ БУДІВЕЛЬНОЇ ТЕХНІКИ НА ЗАЛІЗНИЧНІЙ ПЛАТФОРМІ

**Мета.** Метою роботи є дослідження засобів підвищення надійності кріплення спеціальної будівельної техніки на залізничній платформі. У статті здійснено загальний аналіз засобів і шляхи підвищення надійності кріплення спеціальної будівельної техніки на залізничній платформі під час транспортування залізничним транспортом, яка встановлена горизонтально на залізничній платформі. Наведені характеристики способів кріплення машин, особливості застосування пристосувань для кріплення, тому що силовий спосіб закріплення техніки ґрунтується на збільшенні сили тертя, що виникає між вантажем та платформою, та проаналізовані їхні недоліки. **Методика.** Дослідження виконано на основі аналізу літературних джерел, досвіду використання засобів кріплення спеціальної будівельної техніки, та розроблення пропозицій по використанню можливих засобів кріплення техніки на рухомому складі, проведена оцінка перспективності їх застосування. **Результати.** У процесі виконання досліджень встановлено, що комплекти універсальних багатообороніх кріплень надійне і міцне кріплення спеціальної техніки до спеціально визначених для цього вузлів і деталей на залізничній платформі, що не допустить під час транспортування коливання і поступальні переміщення (розхитування), а також перекидання машини. **Наукова новизна.** Наукова новизна роботи полягає у тому, що вперше, на основі вибраних концепцій сформована система вибору надійного кріплення спеціальної будівельної техніки. **Практична значимість.** Розв'язано актуальну проблему щодо підвищення рівня надійності та міцності кріплення спеціальної колісної та гусеничної техніки на залізничній платформі.

*Ключові слова:* кріплення спеціального аварійно-рятувального обладнання, висування особового складу.

### Вступ

Стан сучасної економіки України вимагає від усіх керівників підрозділів підвищити якість планувальних та організаційних рішень з метою швидкого та якісного виконання поставлених завдань з найменшими витратами коштів та матеріальних засобів, розробляти нові способи та методи вирішення поставлених завдань.

У будівництві спеціальна колісна і гусенична техніка залишаються основним засобом, який забезпечує оперативну і тактичну рухомість будівельних організацій і є головним складовим елементом та базою під монтаж спеціальної техніки, який визначає готовність будівельних організацій. Вона широко застосовується у будівництві штучних споруд і будинків у будь-яку пору року та в будь-яку погоду.

### Постановка проблеми

В надскладний час агресії з боку російської федерації, першим та найважливішим

завданням для залізничного транспорту України – є забезпечення логістики перевезення військової та будівельної техніки, а також внутрішнє її переміщення. На транспорт держави лягає збільшений в 2-5 разів вантажопотік.

В умовах збільшення кількості, розкиданості та зростання інтенсивності будівництва об'єктів, виникає гостра потреба у швидкому перевезенні спеціальної колісної та гусеничної техніки залізницею. Це вимагає від будівельних організацій постійної готовності до перевезень, професійної підготовки механіків-водіїв, а також засобів і матеріалів для розміщення і закріплення техніки.

Збереження комплектності, справності і високого рівня готовності спеціальної колісної та гусеничної техніки під час транспортування залізницею є обов'язковою вимогою до відповідального перевізника, що підтверджено нормативними актами.

Кріплення вантажу – це процедура, яка направлена для забезпечення цілості збереження і

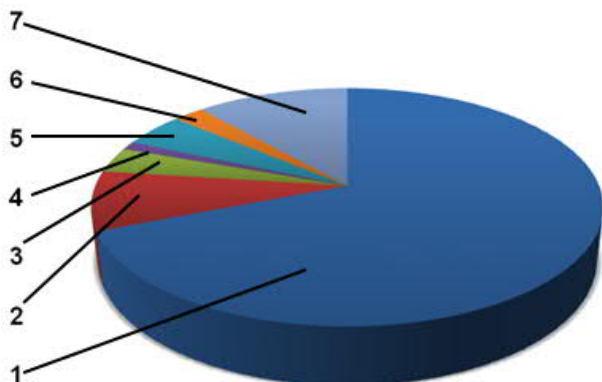


нерухомого стану об'єкту перевезення. Кріплення об'єкту здійснюється із застосуванням різних методів, засобів і способів. У багатьох країнах існують спеціальні нормативні документи, що регламентують процедуру кріплення вантажів. Так у Євросоюзі діють Стандарти ЕХ12195 «Запобіжні пристрої для вантажів на дорожніх автомобілях. Безпека» (ЕК12195-1. ЕМ12195-2. ЕМ12195-3. ЕІ12195-4) та Директива про безпеку на залізницях від 29 квітня 2004 року. Існування даних правил підкреслює особливий пріоритет та важливість чинника кріплення вантажу.

Отже, проблема щодо підвищення рівня надійності та міцності кріплення спеціальної колісної та гусеничної техніки на залізничній платформі є актуальною.

### Основна частина

На підставі проведеного аналізу вітчизняними спеціалістами щодо збереження вантажу під час транспортування наведена діаграма переліку чинників та їхній відсоток, які впливають на збереження вантажу під час транспортування (рис. 1).



1. Кріплення.....	68 %
2. Упаковка і маркування.....	9 %
3. Спосіб завантаження.....	2 %
4. Спосіб розвантаження.....	1 %
5. Дії особового складу у процесі перевезення.....	5 %
6. Технічні несправності.....	2 %
7. Зовнішнє середовище.....	13 %

Рис. 1. Діаграма чинників, які впливають на збереження вантажу під час транспортування

Однією з головних вимог щодо успішного транспортування залізницею спеціальної колісної та гусеничної техніки, яка встановлена горизонтально на залізничній платформі, є надійність і міцність її кріплення, збереження технічного стану машин і готовності до використання за призначенням після її розвантаження.

У теперішній час для кріплення техніки на залізничних платформах застосовують такі засоби: розтяжки, обв'язки, стяжки, ув'язки, дерев'яні бруски, стойки, щити, упорні башмаки, «шпори», ложементи тощо. Засоби кріплення можуть бути одноразового і багаторазового використання (багатооборотні).

Дротяна розтяжка повинна складатися з одного відрізка дроту, який пов'язують між місцями кріплення. Нитки дроту в розтяжці повинні бути скручені між собою, кінці заплетені. Повторне використання дроту в розтяжках не допускається. Дріт для закріплення техніки застосовується м'який, термічно-оброблений (відпалений на відкритому вогні), круглий, діаметром не менше ніж 4 мм без тріщин, перекручень і інших дефектів.

Табельна розтяжка, яка складається з жорсткої петлі, яка закріплюється за буксирні гаки на буфері машини; гвинтової стяжки з важелем, яка служить для повного натягу всієї розтяжки; ланцюга, який закріплюється до стандартного елемента кріплення на залізничній платформі; замка, який за допомогою кільця фіксує ланцюг на потрібній довжині. Приклад ефективності використання пристрою багаторазового пристосування для кріплення спеціальної техніки на залізничній платформі: так норма часу на кріплення вантажівки на шасі КРАЗ-6322 за допомогою в'язального дроту із встановленням дерев'яних упорних брусків складає 180 хвилин, а за допомогою ланцюгового кріплення з використанням натяжної струбцини – всього 65–70 хвилин.

Таким чином, ефективність кріплення спеціальної техніки з використанням натяжного пристрою (талрепа) становить більше у 2,57–2,77 разів, ніж класична дротова розтяжка, що є дуже важливим чинником для швидкого завантаження-розвантаження машин під час перевезення будівельної техніки залізницею.

На залізничних платформах у складі ешелонів, кріплення горизонтально встановленої спеціальної техніки (автосамоскиди, колісні навантажувачі, причепи, напівпричепи, машини і агрегати змонтовані на автомобільних та гусеничному шасі, тощо), які мають висоту центра мас над підлогою платформи не більше ніж 1,7 м, може здійснюватися одним із наведених способів, характеристика яких представлена у табл. 1.

Описані пристосування для закріплення спеціальної (колісної та гусеничної) будівельної техніки мають значні недоліки.

Недоліком дротяної розтяжки є:

– багато часу витрачається на організацію забезпечення кріпильними матеріалами;

**Характеристика способів кріплення спеціальної техніки  
під час транспортування залізничним транспортом**

Способи	Особливості застосування	Реалізація кріплення	Недоліки
Типовими дерев'яними упорними брусками та дротяними розтяжками	Застосовують під час перевезення техніки масою до 40 тон в наявності надійно діючої гальмової системи, а також масою до 7 тон для техніки без гальм.	Дротяні розтяжки – це пучок ниток в'язального дроту діаметром 6,0 мм в 4, 6 або 8 ниток, туго натягнутий між в'язальним пристроєм платформи і машиною у поєднанні з дерев'яними упорними, боковими і направляючими брусками (упорами), які закріплюються на настилі платформи скобами або цвяхами.	Багато часу і зусиль витрачається на підготовку матеріалів кріплення: відпалювання дроту на відкритому вогні, вирівнювання, розрубання і в'язання дроту у розтяжку, встановлення брусків та закріплення скобами або цвяхами.
Типовими дерев'яними упорними та боковими брусками	Застосовується під час перевезення техніки масою до 12 тон у разі наявності надійної діючої гальмівної системи, крім причепів, напівпричепів, автопоїздів.	Дерев'яні упорні, направляючі та бокові бруски кріпляться цвяхами діаметром 5-7 мм, довжиною 150-170 мм і будівельними скобами 250-300 мм з діаметром стрижня 10-15 мм.	Багато часу витрачається на організацію забезпечення кріпильними матеріалами (упорні, бокові і направляючі бруски, розподільні підкладки, цвяхи і будівельні скоби, в'язальний дріт, стійки і дерев'яні вкладки).
Універсальні кріплення багаторазового використання.	Застосовують два виду кріплення: для кріплення машин масою до 15 тон; для кріплення машин масою від 15,1 до 26,0 т. Машини масою до 40 т кріпляться двома комплектами кріплення (для машин масою від 15,1 до 26,0 т). Комплект складається з 4-х повздовжніх і 4-х поперечних упорів. У неробочому положенні вони складається у два пакети.	Універсальні кріплення багаторазового використання представляють собою упори, які складаються і мають штирі, які в них вільно пересуваються і забиваються у підлогу платформи та фіксуються спеціальними пристроями (фіксаторами).	Значне пошкодження дерев'яної підлоги платформи. Не забезпечує надійне кріплення машини у випадку навіть незначного пошкодження дерев'яної підлоги платформи (руйнування дощок, пошкодження кріплення самих дощок тощо).

– багато часу і зусиль витрачається на підготовку матеріалів кріплення: відпалювання дроту на відкритому вогні;

– вирівнювання, розрубання і в'язання дроту у розтяжку;

– встановлення брусків та закріплення скобами або цвяхами.

Недоліком табельної розтяжки є:

– мале плече важеля гвинтової стяжки і, як наслідок, недостатнє натягування кріплення, що у подальшому викликає розхитування закріпленої техніки;

– ймовірний раптовий обрив і швидке зношування ланок ланцюга, що вимагає постійного і ретельного контролю за станом ланцюга;

– ланцюг має велику масу порівняно із сталевим канатом (тросом);

– велика собівартість пристрою, яка пов'язана з виготовленням ланцюга.

До недоліків пристрою багаторазового пристосування для кріплення спеціальної (колісної

та гусеничної) будівельної техніки на залізничній платформі, яка встановлена горизонтально відносяться:

– фіксована довжина пристосування, не пристосований до зміни довжини кріплення залежно від масо-габаритних розмірів машини що обмежує його широке використання;

– ланцюг потребує постійного контролю за технічним станом;

– зварювальний ланцюг має велику масу у порівнянні з тросом, ймовірний раптовий обрив і швидке зношування ланок ланцюга, що вимагає постійного і ретельного контролю за станом ланцюга;

– карабін не забезпечує надійне зчеплення до стандартного елемента кріплення на залізничній платформі;

– велика собівартість пристрою, яка пов'язана з виготовленням ланцюга і карабінів.

– пристрій не має здатності надійно закріпитися за встановлене місце кріплення платформи;

– самостійне розкручування натяжних гвинтів талрепа під час транспортування, яке викликає послаблення натягу тросів кріплення і зменшує надійність безпечного транспортування будівельної техніки залізницею.

Послаблення натягу тросів кріплення приводить до збільшення амплітуди розхитування зразка та виникнення різних за величиною і напрямком інерційних сил, які негативно впливають на технічний стан сталеві зварної рами, прискорюють руйнування робочих поверхонь дерев'яно-металевого покриття підлоги та днища, а також підшипників колісних пар ходової частини платформи.

Вище наведений в таблиці аналіз матеріалу і пристосувань для закріплення спеціальної техніки встановленої горизонтально на залізничній платформі, свідчить про суттєві недоліки як самих способів кріплення так і їхніх матеріалів, підвищеної витрати часу на організацію, підготовку кріпильних матеріалів та виконання монтажно-демонтажних робіт під час завантаження-розвантаження машин, а також неможливість забезпечення швидкого розвантаження і застосування машин у випадку різкої зміни виробничої обстановки і вимушеної зупинки руху потягу.

Очевидно, що транспортування спеціальної техніки залізницею з використанням сучасних засобів, які забезпечують надійне і міцне

кріплення машинна на залізничних платформах є досить ефективним, тому що це забезпечує готовність будівельних організацій, економію моторесурсів машин, відносно високу швидкість пересування незалежно від кліматичних умов, стану погоди, часу доби і пори року.

На сьогодні найважливішим і актуальним завданням щодо здійснення перевезення залізницею є необхідність підвищення надійності і міцності кріплення спеціальної техніки на залізничній платформі, яка встановлена горизонтально, зменшення часу і фізичних зусиль екіпажів машин на підготовку кріпильних матеріалів і виконання монтажно-демонтажних робіт під час завантаження-розвантаження, збереження технічного стану машин і залізничної платформи, а також їхньої готовності до використання за призначенням після розвантаження із залізничного рухомого складу.

Транспортування машин залізничним транспортом вимагає від будівельних організацій постійної готовності до перевезення техніки, навченості персоналу, що обслуговує дану техніку, та керівників підрозділів, які здатні у короткі строки організувати та здійснити перевезення у взаємодії з працівниками залізниці.

Розміщення та кріплення вантажів на відкритому рухомому складі повинно здійснюватися у відповідності до Технічних умов (рис. 2).



Рис. 2. Загальний вигляд кріплення на рухомому складі гусеничної та колісної техніки

Отже, для підвищення рівня надійності кріплення спеціальної техніки на залізничній платформі доцільно враховувати діючі на машину та платформу у процесі перевезення різні за величиною і напрямленням інерційні сили. Поздовжні горизонтальні інерційні сили виникають у результаті зіткнення вагонів при русі поїзда, під час маневрів і у процесі гальмування. Максимальне значення набуває поздовжня інерційна сила, яка залежить від маси вантажу і швидкості руху вагона в момент зіткнення. Перешкоджає зміщенню вантажу сила тертя. Поперечні горизонтальні інерційні сили виникають у результаті

дії центробіжної сили під час руху поїзда з максимально допустимими швидкостями у момент входження на криві та перехідні ділянки колії. Максимальне значення набуває поперечна інерційна сила, яка залежить від маси вантажу та місця розміщення його центру маси відносно вагона.

Вертикальні інерційні сили викликані прискореннями при вертикальних коливаннях платформи, яка рухається, а також силами тиску вітру, тертя та маси вантажу. Всі ці сили викликають зміщення та перекидання вантажу як в поздовжньому, так і в поперечному напрямках.

Значення інерційної сили визначається за формулою

$$F_{\text{ін}} = A \cdot M \cdot g, \text{ Н} \quad (1)$$

де  $A$  – відносна величина інерційної сили, яка залежить від типу кріплення і визначається за відстанню від центру маси машини до вертикальної площини, яка проходить через поперечну вісь платформи і розміщенням центру маси машини у вертикальній площині, яка проходить відповідно через середину платформи;

$M$  – маса вантажу, кг;

$g$  – прискорення вільного тяжіння,  $\text{м/с}^2$ .

Використання табельної розтяжки (рис. 3) дозволяє за необхідності швидко змінити і

зафіксувати потрібну довжину троса, який менш трудомісткий у виготовленні, має меншу масу, високу питому несучу здатність і гнучкість, довговічність і зручність у роботі, у порівнянні з ланцюгами, працює практично безшумно, згладжує динамічні навантаження, має більшу надійність, оскільки його руйнування відбувається поступово, по мірі обриву дротиків у пучку, що дозволяє вести контроль за станом троса і вираковувати його задовго до обриву. Крім того, собівартість виготовлення троса у 8-10 разів нижче за собівартість ланцюгів, що в цілому зменшить собівартість виготовлення табельної тросової розтяжки.



Рис. 3. Універсальні багатооборотні кріплення

### Висновки

Таким чином, комплекти універсальних багатооборотних кріплень надійне і міцне кріплення спеціальної колісної техніки до спеціально визначених для цього вузлів і деталей на залізничній платформі, що не допустить під час транспортування коливання і поступальні переміщення (розхитування), а також перекидання машини. Табельна розтяжка багаторазового використання надасть можливість:

- надійно і швидко закріпити будівельну колісну техніку на залізничній платформі;
- швидко за необхідності змінити і зафіксувати потрібну довжину розтяжки, що надасть можливість використання її для кріплення будь-якого зразка техніки;

- вести контроль за технічним станом розтяжка багаторазового використання;
- зменшити масу і собівартість виготовлення розтяжки;
- запобігти самостійному розкручуванню гвинтів, розхитуванню зразка будівельної техніки, виникненню різних за величиною і напрямком інерційних сил, які негативно впливають на технічний стан сталевий зварної рами платформи і прискорює руйнування робочих поверхонь дерев'яно-металевого покриття підлоги, а також підшипників колісних пар ходової частини платформи.

На жаль, на сьогодні українській промисловості, очевидно, випуск даної продукції є нерентабельним.

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Технічні умови розміщення та кріплення вантажів. Додаток 3 до Угоди про міжнародне залізничне вантажне сполучення (УМВС). Станом на 1 липня 2021 року.

2. Мироненко В.К., Габа В.В., Мацюк В.І., Петренко Л.М. Залізничні вантажні перевезення: Навчальний посібник. Київ: ДЕДУТ, 2015. С. 78-90.

3. Михайлов В. В., Дорошенко П. А., Куанишев К. І. Перевезення автомобільної техніки залізницею. Молодий вчений. 2011. №4. Т.1. З. 45-46.

4. Мельник О.М. Problems statement and prospects for the development of oversized cargoes transportation in Ukraine (Стан проблеми та перспективи розвитку перевезень негабаритних вантажів в Україні) /О.М. Мельник // Судноводіння НУОМА. – 2019. – 29. – С.142-153. DOI:10.31653/2306-5761.29.219.142-153.

5. Мельник О.М. Problems statement and prospects for the development of oversized cargoes

transportation in Ukraine (Стан проблеми та перспективи розвитку перевезень негабаритних вантажів в Україні) / О.М. Мельник // Судноводіння НУОМА. – 2019. – 29. – С.142-153. DOI:10.31653/2306-5761.29.219.142-153.

6. Ачкасова Л.М. Обґрунтування факторів ефективності перевезення вантажів / Л.М. Ачкасова // Економіка транспортного комплексу. – Вип. 25. 2015. С.145–153.

7. Підвищення рівня надійності кріплення військової колісної техніки на залізничній платформі / В. В. Костюк [та ін.] // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Сер. : Транспортне машинобудування = Bulletin of the National Technical University «KhPI». Ser. : Transport Engineering Industry : зб. наук. пр. – Харків : НТУ «ХПІ», 2018. – № 29 (1305). – С. 56-61.

Надійшла в редколегію 19.11.2022.

Прийнята до друку 23.11.2022.

H. KOVALENKO, A. NETESA, S. YAKOVLIEV

## ANALYSIS OF THE BENEFITS AND WAYS TO IMPROVE THE RELIABILITY FASTENING OF SPECIAL EMERGENCY EQUIPMENT ON THE TRANSSHIPMENT PLATFORM

**Goal.** The purpose of the work is to study the means of increasing the reliability of fixing special construction equipment on the railway platform. **Method.** The study was carried out on the basis of the analysis of literary sources, the experience of using special construction equipment fasteners, and the development of proposals for the use of possible equipment fasteners on rolling stock, and an assessment of the prospects for their application was made. **The results.** In the process of conducting research, it was established that sets of universal multi-defense fasteners are a reliable and strong attachment of special equipment to specially designated nodes and parts on the railway platform, which will prevent oscillations and translational movements (shaking) during transportation, as well as overturning of the machine. **Scientific novelty.** The scientific novelty of the work lies in the fact that for the first time, based on the selected concepts, a system for choosing reliable fastening of special construction equipment has been formed. **Practical significance.** The urgent problem of increasing the level of reliability and strength of fastening special wheeled and tracked machinery on the railway platform has been solved.

*Keywords:* attachment of special emergency rescue equipment, deployment of personnel.

В. Л. ГОРОБЕЦЬ<sup>1\*</sup>, Д. М. КОЗАЧЕНКО<sup>2\*</sup>, Р. В. ВЕРНИГОРА<sup>3\*</sup>

<sup>1\*</sup>Кафедра «Безпека життєдіяльності», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпро, Україна, тел. +38 (098) 472 37 82, ел. пошта: vgor5650@gmail.com, ORCID 0000-0002-6537-7461

<sup>2\*</sup>Кафедра «Транспортні вузли», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпро, Україна, тел. +38 (099) 418 95 93, ел. пошта: dmytro.kozachenko@outlook.com, ORCID 0000-0003-2611-1350

<sup>3\*</sup>Кафедра «Транспортні вузли», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 373 15 12, ел. пошта: rv.vernigora@gmail.com, ORCID 0000-0001-7618-4617

## ІНЖИНІРИНГ КРИЗ ТА РИЗИКІВ ПЕРЕВЕЗЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ

**Мета** полягає в підтримці розвитку інжинірингу криз та ризиків у сфері перевезення небезпечних вантажів для забезпечення стійкості транспортних перевезень в Україні й інтеграції країни до світової транспортної мережі. **Методика.** Використовуючи системний аналіз, було запропоновано методики для оцінки ризиків при перевезенні небезпечних вантажів, що дозволять посилити заходи безпеки під час перевезення небезпечних вантажів. Завдяки їм були розглянуті основні причини ризику (людський фактор, фактори навколишнього середовища, застаріле матеріально-технічне обладнання, виробничий процес, ергономічні чинники тощо) виникнення аварійної ситуації під час перевезення небезпечних вантажів залізничним транспортом. Розглянуто формалізований підхід до формування складових системи «людина-машина-навколишнє середовище», що дозволяє розширити можливості оцінки ризиків та аналізу впливу людського фактору на виникнення аварійної ситуації на основі методів математичного моделювання. Запропоновано процедуру до координації та організації взаємопов'язаної роботи й відповідальності в системі «відправник-перевізник-одержувач». **Результати.** 1) На основі розглянутих та проаналізованих факторів та причин ризиків розроблені рекомендації щодо зниження ризиків виникнення аварійної ситуації та відповідно підвищення безпеки перевезень небезпечних вантажів. 2) На основі аналізу двох систем («людина-транспорт-навколишнє середовище» та «відправник-перевізник-одержувач»), було представлено концепцію розвитку цих двох систем у контексті підвищення взаємодії між елементами системи для підвищення безпеки перевезень. **Наукова новизна.** Авторами при оцінці ризиків виникнення аварійної вперше було розглянуті усі учасники процесу перевезення небезпечних вантажів (людина, машина, навколишнє середовище, відправник, перевізник та одержувач у контексті двох систем «людина-машина-навколишнє середовище» та «відправник-перевізник-одержувач»). **Практична значимість.** Впровадження розроблених рекомендацій для покращення безпеки перевізного процесу, на основі аналізу оцінки ризиків виникнення аварійної ситуації для двох систем «людина-машина-навколишнє середовище» та «відправник-перевізник-одержувач», а також при виявленні можливих причин та факторів виникнення аварійних ситуацій під час перевезення небезпечних вантажів залізничним транспортом.

**Ключові слова:** інжиніринг криз та ризиків, системний аналіз, математичне моделювання, система «людина-машина-навколишнє середовище», система «відправник-перевізник-одержувач», безпека транспортних перевезень, ризики виникнення аварійної ситуації, перевезення небезпечних вантажів.

### Вступ

Вплив людського фактору [1] на відмови технічних засобів в транспортних системах слід розглядати у контексті недоліків інформаційного забезпечення помилок, викликаних зовнішніми і внутрішніми подіями, обмеженістю ресурсів підтримки і прийняття рішень, психофізіологічним станом людини.

Значний досвід врахування впливу людського фактору на процес перевезення небезпечних вантажів дозволяє розробити таку концепцію управління ресурсами оперативного-управлінського персоналу, що задіяний у перевізному процесі, яка б сприяла забезпеченню його заданої надійності. Сучасний технічний стан

залізничного транспорту викликає необхідність дослідження людського фактору, створення концепції управління людським фактором, що забезпечує підвищення організаційно-технологічної надійності виробництва. Удосконалення сучасних техніки і технологій, впровадження на залізничному транспорті нових інструментів управління охороною праці та системи ефективної менеджменту безпеки руху дозволить знизити кількість небажаних інцидентів, але при цьому роль людського фактору в них залишається високою.

Основним резервом підвищення безпеки виробничої діяльності є формування єдиного, системного підходу з обліку і управління впливом

людського фактору на всіх етапах системи «людина-машина-навколишнє середовище». Окрім того, потрібно розуміти, що залізничний транспорт здійснює перевезення вантажів широкої номенклатури, а по деяким видам вантажів є основним (інколи й єдино можливим) видом транспорту; це, зокрема, стосується багатьох видів небезпечних вантажів. Саме тому в сучасних умовах чітко скоординована та взаємопов'язана робота усіх ланок при організації залізничних перевезень в системі «відправник-перевізник-одержувач» є вкрай актуальним завданням. Вирішення цього завдання дозволить значно знизити ризики небажаних подій в галузі охорони праці та безпеки руху, забезпечивши синергетичний позитивний соціально-економічний ефект.

### Мета

Мета дослідження полягає в розробці дієвих інструментів розвитку інжинірингу криз та ризиків у сфері перевезення небезпечних вантажів для забезпечення стійкості та безпеки перевезень в Україні в контексті інтеграції країни до світової транспортної мережі.

### Методика

В даному дослідженні авторами розглянуто формалізований підхід до формування складових системи «людина-транспорт-навколишнє середовище» на основі методів математичного моделювання, який дозволяє розширити можливості оцінки та аналізу впливу людського фактору. При цьому найбільш ефективним в даному випадку є метод імітаційного моделювання елементів людино-машинної системи, що дозволяє врахувати антропометричні, фізіологічні, психосоціальні та професійні характеристики працівників. Використання методів оцінки та аналізу професійних ризиків з використанням імітаційного моделювання дозволяє виявити найбільш значимі ризики порушення безпечних умов праці та сформулювати адресні коригувальні заходи на основі методів експертних оцінок, що забезпечить зниження негативного впливу людського фактору у виробничих процесах.

Проблеми розробки ефективної моделі оцінки ризиків аварійних ситуацій під час перевезень небезпечних вантажів досліджували вітчизняні науковці: В. М. Самсонкін, А. М. Окороков та ін. [2], Д. М. Козадої [3], О. В. Лаврухін [4,5] В. Drzewieniecka, M. Nowak [6], A. Conca [7], L. Szaciłło, M. Jасуна та ін. [8]. Питання оцінки ризиків виникнення аварійної ситуації розглядаються в усіх цих наукових працях, проте не у контексті функціонування систем «людина-

машина-навколишнє середовище» та «відправник-перевізник-одержувач».

Людський фактор часто інтерпретують як пояснення причин катастроф і аварій, що виникають у наслідок помилкових дій людини. Помилкові дії не завжди обумовлені психофізіологічними характеристиками людини і не завжди відповідають рівню складності

виконуваних функцій або завдань. Помилки, викликані людським фактором, як правило, відбуваються ненавмисно, коли людина виконує дії, розцінюючи їх як найбільш вірні.

Незважаючи на значний розвиток автоматизованих систем управління, виключити повністю участь людини у виробничих процесах неможливо. Зі збільшенням складності людино-машинних систем ускладнюється діяльність людини оператора. При цьому, з одного боку зростає ймовірність помилок в діяльності людини, а з іншого – наслідки таких помилкових дій.

Моделювання є ефективним інструментом щодо проведення аналізу причин помилкових дій людини. Наразі для досліджень використовуються різні типи моделей (див. рис 1).



Рис. 1. Класифікація моделей [2]

### Рекомендації для зниження ризиків аварійних ситуацій під час перевезення небезпечних вантажів залізничним транспортом

На рис. 2 представлена принципова схема функціонування системи «людина-машина-навколишнє середовище».

Як видно з рис. 2, працездатність персоналу з однаковими функціональними обов'язками, як правило, може мати відсутні відмінності і підпорядковуватись багатьом обмеженням. Тому важливим завданням є узгодження відповідним чином усіх компонентів моделі [2]:

– «людина-машина»: персонал і технічні системи, включаючи обладнання або транспорт;

– «людина-середовище»: персонал і умови навколишнього середовища, включаючи внутрішні та зовнішні по відношенню до впливу на систему «людина-машина»;

– «людина-людина»: відносини між працівниками, включаючи колег.



Рис. 2. Система «людина-машина-навколишнє середовище»[2]

Модель дозволяє аналізувати участь людини у виробничій діяльності в вертикальній площині взаємодії. Прикладами є робота таких операторів як поїзний диспетчер, черговий по станції, машиніст поїзда.

Реформування транспортних компаній вимагає застосування новітніх підходів до вирішення завдань підвищення надійності, безпеки і економічної ефективності функціонування транспортної галузі. Вивчення європейського досвіду дозволяє реалізувати гармонізацію вітчизняної нормативної бази в цій області з європейськими підходами. Це, в першу чергу, спрямовано на скорочення вартості життєвого циклу об'єктів транспортної системи в умовах забезпечення високого рівня надійності та безпеки перевізного процесу.

Моделювання є ефективним інструментом для аналізу дій тих чи інших працівників, у даному випадку, учасників перевізного процесу. На основі імітаційного моделювання можна виявити сильні та слабкі сторони елемента «Людина – машина – навколишнє середовище». Отримання такої оцінки є досить важливим, з точки зору аналізу дій окремої людини, як учасника перевізного процесу, оскільки саме від кваліфікації працівника, його психофізіологічних якостей в значній мірі залежать показники як ефективності, так і безпеки перевізного процесу.

Для оцінки ризиків виникнення аварій, а також для перевірки функціонування системи «Людина-машина-навколишнє середовище», необхідно використовувати підходи на основі системного аналізу. Оцінка ризику може бути виконана з різним ступенем глибини і деталізації з використанням одного або декількох методів різного рівня складності. Форма оцінки та її вихідні дані повинні бути сумісні з критеріями ризику, встановленими при визначенні сфери застосування. До методів оцінки ризику відносять [1,9,10]:

- мозковий штурм;
- структуровані або частково структуровані інтерв'ю;
- метод Дельфі;
- попередній аналіз небезпек (РНА);
- дослідження HAZOP;
- оцінка токсикологічного ризику;
- структурований аналіз сценаріїв методом «що, якщо?»;
- аналіз впливу на бізнес (ВІА);
- аналіз видів, наслідків та критичності відмов (FMEA);
- причинно-наслідковий аналіз (діаграма Ісі-кави);
- аналіз дерева несправностей (FTA) та дерева подій (ETA);
- аналіз рівнів захисту (LOPA);
- аналіз дерева рішень;
- аналіз впливу людського фактора (HRA);
- аналіз прихованих дефектів і аналіз паразитних кіл (SA);
- Марківський аналіз;
- Байєсівський аналіз і мережа Байєса;
- індекси ризику;
- матриця наслідків і ймовірностей;
- аналіз ефективності витрат (аналіз «витрат і вигод»);
- мультикритеріальний аналіз рішень (MCDA).

– Метод Файн-Кінні/

При виборі методу оцінки ризику необхідно враховувати, що метод повинен:

- 1) відповідати ситуації, що розглядається, та організації відповідного процесу;
- 2) надавати результати у формі, що сприяє підвищенню обізнаності про вид ризику і способи його аналізу;
- 3) забезпечувати простежуваність, відтворюваність і верифікацію процесу та результатів.

Також для вибору методу оцінки ризиків потрібно чітко визначити:

- мету аналізу
- діапазон та тип ризику, що аналізується



– ступінь складності методу та достовірності отримання даних при оцінці ризику;

Як показує аналіз [9-13], для оцінки ризиків виникнення аварійної ситуації найбільше підходять наступні методи: аналіз дерева несправностей (FTA), аналіз дерева подій (ETA), причинно-наслідковий аналіз (діаграма Ісікави), аналіз впливу людського фактору (HRA). Так, на рис. 3 представлена діаграма Ісікави, як приклад однієї з моделей оцінки ризиків.

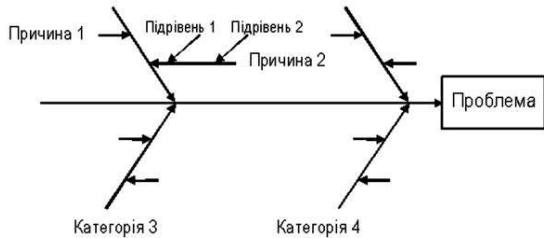


Рис. 3. Приклад діаграми Ісікава, або «риб'ячого скелета»

Після вибору методу оцінки ризику можна безпосередньо приступати до проведення моделювання функціонування системи «відправник-перевізник-одержувач». Як показує практика, однією з основних проблем в цій системі є відсутність координації між трьома елементами системи. Це пов'язано з різними інтересами учасників перевізного процесу, які можуть бути зовсім протилежними [12,14]. Так, наприклад, для відправника (на відміну від перевізника) питання забезпечення безпеки руху не є пріоритетними, а на першому місці стоїть, скажімо, вартість або швидкість доставки вантажу. В свою чергу, одержувач зазвичай ніяк не впливає на перевізника вантажу, і тому його значно менше хвилюють такі питання, як, наприклад, модернізація рухомого складу, впровадження сучасних засобів забезпечення безпеки руху, зокрема для попередження шкідливого впливу на навколишнє середовище перевезень небезпечних вантажів. Перевізник же більше зацікавлений в забезпеченні безпеки руху та отриманні прибутку від перевізного процесу, ніж у, скажімо, швидкості доставки вантажів.

Причинами виникнення аварійних ситуацій на залізничному транспорті є різні фактори [1]:

- технічна несправність рухомого складу або інфраструктури;
- помилки персоналу;
- високий рівень зношеності основних фондів;
- недоліки організаційної роботи під час перевезення вантажів;

– порушення правил безпеки при виконанні вантажних робіт;

– втручання сторонніх осіб у перевізний процес тощо.

Одним з найбільш вагомих факторів, що негативно впливає на безпеку перевізного процесу, є надзвичайно високий рівень зношеності рухомого складу українських залізниць (див. рис. 4) [3,15].

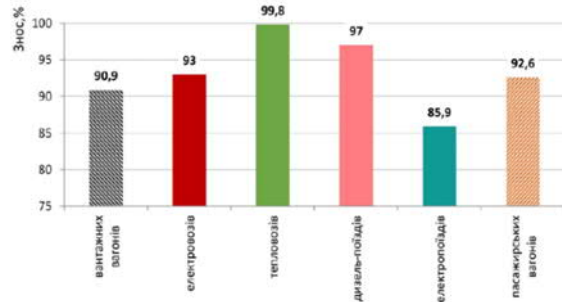


Рис. 4. Зношеність рухомого складу (за даними [3])

На рис. 5 наведено діаграму, яка демонструє відносну кількість транспортних подій за тяжкістю їх наслідків у 2011-2021 роках [3,15].

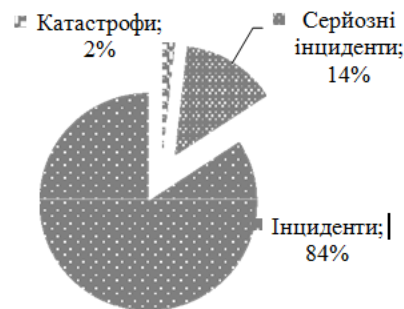


Рис. 5. Відносна кількість транспортних подій за тяжкістю їх наслідків у 2011-2021 роках [3]

З діаграми (рис. 5) видно, що найбільшу частку транспортних подій складають інциденти з небезпечними вантажами (84 %), на серйозні інциденти припадає 14 %, а на катастрофи – 2 %.

Іншою причиною виникнення аварійних ситуацій на залізничному транспорті під час перевезення небезпечних вантажів є низька кваліфікація персоналу, а також їх вмотивованість бути учасником процесу перевезення [12]. Серед основних проблем такої ситуації [10]:

- 1) відсутність мотивації в успішному закінченні навчання усіх учасників перевізного процесу;
- 2) недостатній рівень освіти за фахом персоналу;

3) низька забезпеченість кадрами, які б могли поводити спеціальні курси у відповідних центрах підготовки;

4) складність узгодження графіків робочого часу працівників з графіками проведення спеціального навчання;

5) недостатній рівень методичного забезпечення місць проведення спеціального навчання, зокрема у разі проведення спеціального навчання на лініях;

6) низька мотивація персоналу у навчанні через низьку оплату праці;

7) недосконала процедура відбору працівників для проходження спеціального навчання.

### Результати

Для досягнення мети, щодо удосконалення функціонування системи «людина-машина-навколишнє середовище» в контексті забезпечення безпеки залізничних перевезень, зокрема, небезпечних вантажів, потрібно ставити ряд завдань, що вимагатимуть свого вирішення, а саме розробки:

– методології подовження терміну служби об'єктів залізничного транспорту і підтримки прийняття рішень для визначення їх граничного стану;

– механізмів підвищення мотивації підрозділів транспортних компаній до поліпшення показників експлуатаційної надійності та безпеки функціонування об'єктів залізничного транспорту;

– системи управління людськими, матеріальними, фінансовими та іншими ресурсами на основі алгоритмів оптимального розподілу;

– методології управління ризиками виробничої діяльності на транспорті;

– інформаційної технології підтримки прийняття рішень щодо управління ризиками, ресурсами і надійністю на етапах життєвого циклу;

– методології управління надійністю об'єктів транспорту, що включає систему розрахунку та аналізу показників експлуатаційної надійності;

– нормативної бази, що базується на сучасних методиках і стандартах у галузі безпеки руху.

Для вирішення задач щодо удосконалення функціонування системи «відправник-перевізник-одержувач» потрібно:

– оновлення рухомого складу та парку контейнерів;

– підвищення рівня надійності технічних і технологічних засобів безпеки в цілому;

– удосконалення технології перевізного процесу небезпечних вантажів;

– широке впровадження електронного документообігу та його постійне вдосконалення;

– підвищення кваліфікації працівників залізничної галузі;

– проведення роз'яснювальної та профілактичної роботи з населенням про порядок дій при виникненні надзвичайних ситуацій.

### Наукова новизна та практична значимість

При оцінці ризиків виникнення аварійних ситуацій авторами вперше були розглянуті усі учасники процесу перевезення небезпечних вантажів (людина, машина, навколишнє середовище, відправник, перевізник та одержувач) у контексті функціонування двох систем «людина-машина-навколишнє середовище» та «відправник-перевізник-одержувач». При цьому були визначені найбільш ефективні методи аналізу ризиків та підходи до моделювання функціонування вказаних систем.

Авторами було розроблено рекомендації, щодо підвищення рівня безпеки перевізного процесу на основі аналізу оцінки ризиків виникнення аварійної ситуації для двох систем «людина-машина-навколишнє середовище» та «відправник-перевізник-одержувач», а також при виявленні можливих причин та факторів виникнення аварійних ситуацій під час перевезення небезпечних вантажів залізничним транспортом. При цьому були напрацьовані основні напрямки вирішення вказаної науково-практичної задачі.

### Висновки

Таким чином у роботі було з'ясовано, що для оцінки ризиків виникнення аварійних ситуацій потрібно розглядати усіх учасників процесу перевезення небезпечних вантажів (людина, машина, навколишнє середовище, відправник, перевізник та одержувач у контексті функціонування двох систем «людина-машина-навколишнє середовище» та «відправник-перевізник-одержувач»). Для цього найбільш доцільно використовувати імітаційні моделі. Встановлено, що для оцінки ризиків виникнення аварійної ситуації найбільш ефективними є методи:

– аналіз дерева несправностей (FTA);

– аналіз дерева подій (ETA);

– аналіз причин та наслідків;

– причинно-наслідковий аналіз (діаграма Ісікави);

– аналіз впливу людського фактору (HRA).

Для підвищення рівня безпеки перевізного процесу залізничним транспортом, в першу чергу, необхідно:

- оновлення застарілого рухомого залізничного парку, що використовується у процесі перевезення небезпечних вантажів;
- підвищення матеріально-технічних засобів для забезпечення перевезення;
- удосконалення технології перевізного процесу небезпечних вантажів;
- підвищення рівня кваліфікації усіх учасників перевезення.

#### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Загурський О. // Управління ризиками. К.: Університет України, 2016. 244 с.
2. Самсонкін В. М., Ніколаєнко І. В., Булгакова Ю. В., Вернигора Р. В., Гненний О. М., Горобець В. Л., Демченко Є. Б., Дорош А. С., Огороков А. М., Саблін О. І., Чернова Н. С. [та ін.] ; за ред. Самсонкіна В. М. та Ніколаєнко І. В. // Інжиніринг криз та ризиків транспортних послуг : колективна монографія. Київ : Талком, 2021. 312 с. ISBN 978-617-8016-10-4.
3. Buts, Y. V., Kraynyuk, E. V., Kozodoy, D. S., & Barbashin, V. V. (2018). EVALUATION OF EMERGENCY EVENTS AT THE TRANSPORTATION OF DANGEROUS GOODS IN THE CONTEXT OF THE TECHNOGENIC LOAD IN REGIONS. *Science and Transport Progress*, 3(75), 27–35
4. Панченко Сергей, Лаврухин Александр, Шапатина Ольга // Формирование квалиметрического критерия обобщенного уровня транспортного средства. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*, 1 (3 (85)), 39-45.
5. Lavrukhin O., Vernyhora R., Schevchenko V., Kuman A., Shulika O., Kulova D., Kim K. (2020) Forming an automated technology to actively monitor the transportation of dangerous cargoes by railroad, *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2020. №3/3 (105), 78-85.
6. Drzewieniecka, B. & Nowak, M. (2018). Safety Aspect in Carriage of Dangerous Goods by Railway Transport. *New Trends in Production Engineering*, 1(1) 35-41. doi: 10.2478/ntpe-2018-0004
7. Conca, A. A (2016) Risk Assessment for Road Transportation of Dangerous Goods: A Routing Solution

/ A. Conca, C. Ridella, E. Saponi *Transportation Research Procedia*, 2016. Vol. 14. 2890–2899. doi: 10.1016/j.trpro.2016.05.407

8. Szaciłło, L., Jacyna, M., Szczepański, E., & Izdebski, M. (2021). Risk assessment for rail freight transport operations. *Eksploatacja i Niezawodność*, 23(3), 476-488. doi:10.17531/ein.2021.3.8

9. Небезпечні виробничі ризики та надійність: навчальний посібник для студентів за напрямком підготовки 6.170202 «Цивільна безпека»/ В.В. Березуцький, М.І. Адаменко – Харків. : ФОП Панов А. М., 2016. – С. 385.

10. Banabakova V., Minevski I. (2017) Problems and risk management options for the transport of dangerous goods, *Globalization, The State and the Individual*, 2017. No 2(14). doi: 10.15802/stp2018/134347

11. Свед М. // Мислення за принципом Чорної скриньки. Як звести ризик до мінімуму. К. КМ-БУКС, 2018. С. 464.

12. Maja Kiba-Janiak (2016) Risk management in the field of Urban Freight Transport of Urban Freight Transport *Transportation Research Procedia* 16, 2016. 165 – 178.

13. Ursarova A., Mussaliyeva R., Mussabayev B., Kozachenko D., Vernyhora R. (2022) Multi-criteria evaluation of professional qualities of railway dispatching personnel using computer simulations, *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 2022. №2, 141–147. doi: 10.33271/nvngu/2022-2/141

14. Зеленько Ю. В., Калимбет М. В., Фесенко Д. В. // Впровадження заходів щодо ліквідації наслідків аварій при перевезенні небезпечних вантажів. *Транспортні системи і технології перевезень*. Дніпро, 2020. Вип. 20. С. 20–26. doi: 10.15802/tstt2020/217394.

15. Козаченко, Д. М. // Підвищення ефективності оперативного керування локомотивним парком залізниць України: монографія / Д. М. Козаченко, Р. В. Вернигора, Л. О. Єльнікова, М. І. Березовий – Дніпро: «Герда», 2017 – С. 164

Надійшла в редколегію 17.11.2022.

Прийнята до друку 27.11.2022.

V. GOROBETS, D. KOZACHENKO, R. VERNYHORA

## ENGINEERING OF CRISES AND RISKS OF TRANSPORTATION OF DANGEROUS GOODS

**The goal** is to support the development of crisis and risk engineering in the field of transportation of dangerous goods to ensure the sustainability of transportation in Ukraine for the integration of the country into the global transportation network. **Method.** Using systemic analysis, risk assessment techniques have been proposed that allow to strengthen safety measures during the transportation of dangerous loads. Thanks to mathematical modeling, the main factors, causes of risk (human factor, environmental factors, outdated material and technical equipment, production process, ergonomic factors, etc.) of the occurrence of an emergency situation during the transportation of dangerous goods by railway transport were formulated. A formalized approach to the presentation of the component systems "man-machine-environment" is considered, which allows to expand the possibilities of risk assessment and analysis of the influence of the human factor on the occurrence of an emergency situation based on mathematical modeling

methods. Another formalized approach to coordination and interconnected work and responsibility in the "sender-carrier-receiver" system is considered. **The results.** 1) On the basis of the established and analyzed factors and causes of risks, recommendations have been developed to reduce the risks of an emergency situation and increase the safety of transportation. 2) Based on the analysis of two systems ("man-transport-environment" and "sender-carrier-recipient"), the concept of development of these two systems was presented in the context of increasing the interaction between the elements of the system of improving the safety of transportation. **Scientific news.** By the authors, when assessing the risks of an emergency, for the first time, all participants in the process of transportation of dangerous goods (man, machine, environment, sender, carrier and recipient in the context of two systems "man-machine-environment" and "sender-carrier-recipient"). **The practical significance.** Developed recommendations for improving the safety of the transportation process, based on the analysis of the risk assessment of the occurrence of an emergency situation for two systems "man-machine-environment" and "sender-carrier-recipient", as well as the identification of possible causes and factors of the occurrence of emergency situations during transportation dangerous goods by rail transport.

*Keywords:* engineering of crises and risks, system analysis, mathematical modeling, "man-machine-environment" system, "sender-carrier-recipient" system, safety of transportation, risks of an emergency situation, transportation of dangerous goods.

УДК 656.96

О. Ю. ПАПАХОВ<sup>1\*</sup>, Н. О. ЛОГВІНОВА<sup>2\*</sup>, В. В. ГУДІМОВ<sup>3\*</sup>, Є. А. МАКСИМЕНКОВ<sup>4\*</sup>

<sup>1\*</sup>Кафедра «Управління експлуатаційною роботою», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпро, Україна, тел. +38 (067) 564-65-65, ел. пошта papahova0362@gmail.com, ORCID 0000-0003-2357-8158

<sup>2\*</sup>Кафедра «Управління експлуатаційною роботою», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпро, Україна, тел. +38 (067) 524-43-22, ел. пошта logvinovanata1987@gmail.com, ORCID 0000-0002-9350-881X

<sup>3\*</sup>Кафедра «Військової підготовки спеціалістів Держспецтрансслужби», Українській державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпро, Україна, тел. +38(067) 605-33-76, ел.пошта gudviktor777@gmail.com, ORCID 0000-0002-6630-650X

<sup>4\*</sup>Кафедра військової підготовки спеціалістів Держспецтрансслужби Українського державного університету науки і технологій, вул. Лазаряна 2, м. Дніпро, Україна, тел: +38 (068) 691-39-61, ел. пошта y.a.maksymenkov@ust.edu.ua ORCID 0000-0002-9608-7301

## АУТСОРСИНГ ТРАНСПОРТНО-ЕКСПЕДИЦІЙНИХ КОМПАНІЙ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ЗАПЛАНОВАНИХ ОБСЯГІВ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

**Метою** даної роботи є розуміння транспортно-логістичної схеми доставки вантажів при мінімальних витратах на перевезення та безпосереднього процесу надання послуг з перевезенні вантажів на найбільш привабливих умовах для усіх учасників цього процесу та ефективному використанні транспортних засобів. Транспортно-експедиційна діяльність є складовою частиною транспортний аутсорсингу. В роботі розглядається загальна характеристика рівнів PL логістики та надані характеристики кожного з них та відмінності між ними. Надана характеристика перевізної документації, яка застосовується при використанні різних видів транспорту при внутрідержавних та міждержавних перевезеннях вантажів. Надані рекомендації для вибору обслуговуючої транспортно-експедиційної компанії. **Практична значимість** статті полягає у використанні вказаних вимог підприємством для здійснення оптимального вибору транспортно-експедиторської компанії для сумісної роботи по доставці вантажів клієнтам.

*Ключові слова:* транспортний аутсорсинг, логістика, транспортно-експедиційна діяльність.

### Вступ

Швидкий розвиток сучасної світової торгівлі стрімко збільшується як у запланованих обсягах, так і за напрямками доставки, передбачає швидке та безпомилкове своєчасне вирішення питань транспортування сировини, напівфабрикатів та готової продукції між торговельними партнерами. В умовах посилення конкуренції саме надання професійних транспортно-експедиційних послуг можуть зіграти ключову роль у аутсорсингу транспортування.

Транспортний аутсорсинг – це передача на значний строк виконання деяких видів транспортних послуг спеціалізованим підприємствам для скорочення непрофільних витрат і водночас не допустити зниження рівня якості послуг, що надаються. Таке співробітництво вигідно підприємству-замовнику послуг тим, що йому абсолютно не потрібно купувати та утримувати на власному балансі дорогий рухомий склад для перевезення вантажів, а також наймати працівників для його обслуговування і як слідство – нести щомісячні витрати на оплату роботи цих працівників.

До поняття «транспортний аутсорсинг» входять наступні види витрат: на придбання та технічне обслуговування і ремонт рухомого складу; оформлення перевізних документів; підбір та утримання обслуговуючого персоналу; бухгалтерське обслуговування та ведення документації. З іншого боку існують транспортно-експедиторські компанії, які надають свої послуги з організації перевезення та зберігання вантажів іншим підприємствам – фактично теж надають послуги транспортного аутсорсингу, але не маючи свого рухомого складу. В цьому і полягає відмінність транспортного аутсорсингу і транспортно-експедиційної діяльності.

### Мета

Метою даної роботи є розуміння транспортно-логістичної схеми доставки вантажів при мінімальних витратах на перевезення та безпосереднього процесу надання послуг з перевезенні вантажів на найбільш привабливих умовах для усіх учасників цього процесу та ефективному використанні транспортних засобів.

Об'єктом дослідження в даній статті виступає транспортно-експедиційна компанія

Предметом дослідження є вимоги до вибору транспортно-експедиторської компанії які здійснюють процес надання логістичних та транспортно-експедиційних послуг підприємствам.

### **Постановка проблеми**

Починаючи з моменту незалежності України перед продавцями та покупцями товарів постала задача доставки продукції між ними і особливо зі зберігання принципу «від дверей до дверей». Для аутсорсингу роботи між ними були створені транспортно-експедиційні організації які в подальшому почали координувати між собою та у 1994 році створили асоціацію міжнародних експедиторів України (АМЕУ). Зі збільшенням обсягів взаємодії між продавцями та покупцями як на ринку України так і за кордоном, з'явилися нові вимоги до фахівців та їхньої кваліфікації щодо організації оптимальних схем доставки вантажів, тому вибір експедиторської компанії серед багатьох тих, хто пропонує свої послуги, є достатньо складною задачею.

### **Виклад основного матеріалу**

Історично склалось, що необхідною умовою для створення транспортно-експедиційних компаній стала ринкова економіка. Після розпаду радянського союзу з'явилась значна кількість малих та великих підприємств, які питалися вести між собою торгівельну діяльність. Для цього підписувалися двосторонні договори, виконувалася оплата за товари, але безпосередній процес поставки товарів від виробника до споживача виконувався, як правило, не своєчасно. Причиною тому була відсутність розуміння самого «процесу поставки товару» та розподілу відповідальності за нього, особливо під час транспортування.

Першою спробою в «процесі поставки товару» [1] було залучення міжнародних базисних умов, які були розроблені Міжнародною торгівельною палатою у 1953 році і визнані у всьому світі як «Міжнародні правила» з тлумачення торгових термінів «Інкотермс». Ці міжнародні правила починаючи з 1980 року оновлюються та перевидаються кожні 10 років. Останні були видані у 2020 році.

В транспортно-експедиторських організаціях України терміни «поставки товару» використовувалися загалом при зовнішньоекономічних контрактах, а при внутрішніх договорах застосовувалися терміни з Цивільного та Господарських кодексів України.

Починаючи з початку 2000-х років із збільшенням зовнішньоекономічних контрактів «умови поставки товарів», вказані в «Інкотермс-2000» почали застосовуватися і у внутрішніх договорах на купівлю-продаж продукції. Починаючи з 2003 року на території України почалася добровільна сертифікація надання якісних транспортно-експедиційних послуг відповідно до стандарту ISO-9000, який потребував гарантованих послуг в повному обсязі. В цей же час Законом України № 762/97 від 23.19.1997 року «Про внесення змін до Закону України «Про підприємство» [2] було відмінено державне ліцензування транспортно-експедиційних послуг що привело до значного зростання кількості транспортно-експедиторських компаній.

Можливо чітко сформулювати три основні способи, які оказали вплив на причини створення транспортно-експедиційних та логістичних компаній.

До першого способу можливо віднести компанії, які створювалися з працівників, які покинули державну службу та стали підприємцями. Ці компанії мали незначні фінансові обороти та залучали до виконання професіональних обов'язків від 3 до 10 чоловік. Контрагентами цих компаній були випадкові та разові замовники.

До другого способу можливо віднести компанії, які створювалися на базі великих підприємств і призначалися перевезення сировини чи власної продукції підприємства. Ці компанії мали можливість згодом придбати власний рухомий склад для виконання своїх професійних обов'язків. Згодом ці транспортно-експедиторські компанії почали обслуговувати і сторонніх клієнтів.

До третього способу можливо віднести створення транспортно-експедиційних компаній для потреб та завдань великої торгівельної мережі або промислового холдингу – це тип стандартного бізнес-процесу – аутсорсингу. Єдина відмінність цього способу від перших двох полягає в тому, що власники головної компанії не наймають зовнішнього експедитора, а в наслідок реструктуризації свого бізнесу вони визначають якусь одиницю, яка займається наданням транспортно-експедиційних послуг. Ці компанії фактично є дочірніми до великих холдингів і зазвичай не потребують додаткової клієнтури. Обсяг основних власних них перевезень гарантується материнською компанією. В процесі розвитку у цих компаній з'являються додаткові ресурси для виконання більшого обсягу послуг і вони починають добирати для себе роботу зі сторони.

Виробничі потужності транспортних організацій включають в себе чотири основні компоненти: шляхи сполучення; рухомий склад; тягові засоби та вантажні термінали. На останній компоненті саме і надаються послуги аутсорсинга.

Характерною особливістю транспортно-експедиційних компаній, які працюють на території України та за кордоном, є те, що їхня основна частина не має власного рухомого складу, а для здійснення транспортування використовуються або залучені чи орендовані транспортні засоби. Наявність у транспортно-експедиційної компанії власного рухомого складу зменшує ризик несвоєчасного надання послуг по експедируванню заявлених вантажів та пов'язаних з ними економічних втрат [3].

Для успішної роботи транспортно-експедиційного підприємства та виконання задач, які стоять перед ним, є важливим технічне обслуговування рухомого складу для підтримки його в справному стані. Зазначена проблема в сучасних умовах може бути вирішена шляхом аутсорсингу, забезпечуючи виконання роботи з технічного обслуговування та ремонту транспортних засобів на спеціалізованому підприємстві.

Логістичний підхід та принципи дозволяють значно знизити витрати пов'язані з організацією транспортно-експедиторського обслуговування клієнтів.

Відповідно до чинних норм і правил ринку перевезень транспортно-експедиційні послуги є складовою частиною комплексних логістичних послуг. Починаючи з 2000-х років на протязі 10-15 років зростала кількість малих та великих підприємств з надання посередницьких комплексних логістичних послуг, які в літературі почали називатися «провайдерами». Рівень таких різних провайдерів надзвичайно відрізнявся один від одного як за спектром послуг, так і за технологічним рівнем. Відповідно до прийнятої в ЄС класифікацією логістичної діяльності, усі ці послуги були систематизовані у вигляді логістичного сервісу (PL- Party Logistics), що означає «сторона логістики», який на сьогодні має 5 рівнів. Відмінності між ними полягають у наборі та особливостях надання послуг, рівні використовуваних технологій та засобів. Провайдер повинен обов'язково бути юридичною особою.

Загальна характеристика логістичних рівнів наступні [4]:

1) логістика рівня 1PL використовувалася в тому випадку, коли доставку продукції здійснював сам виробник чи власник. В якості 1PL провайдера виступав вантажовласник, який

повністю відповідав за весь цикл від приймання замовлення до доставки продукції клієнту. Згодом цей логістичний рівень у великих компаній себе вичерпав, але в незначних компаніях чи приватними підприємствами з метою формування статутного капіталу іноді використовується і зараз. Цей рівень логістики був повністю автономним.

2) логістика рівня 2PL відноситься до часткового логістичного аутсорсингу чи «логістики другої сторони». У зону відповідальності 2PL провайдера входить певна ділянка ланцюга між виробником та кінцевим одержувачем товару. 2PL посередник може надавати послуги з планування, складування, формування ланцюга постачання, але не має власного транспорту – залучає рухомий склад сторонніх організацій, які в цьому випадку виступають у ролі підрядчика. Підрядчиками такого рівня виступають більшість вітчизняних вантажних перевізників. Вони мають матеріальну базу у вигляді парку техніки різної вантажопідйомності та займаються забезпеченням перевезень. Відсутність у 2PL провайдера власного транспорту скорочує поточні витрати його підприємства.

3) логістика рівня 3PL відноситься до комплексного логістичного аутсорсингу при якому майже всі логістичні операції віддаються власниками вантажів таким компаніям. Планування логістичного ланцюга поставки вантажів виконується власником продукції і провайдер не бере у цьому процесі участь. У зону відповідальності 3PL провайдера входять такі операції, як транспортування, упаковка, складське зберігання, супровід вантажу експедиторами. На цьому рівні провайдер ще не інтегрований у господарську діяльність власника вантажів і виконує функції підрядника з доставки вантажів. До цього рівня входять підприємства, які працюють у сфері транспортно-експедиторських послуг. Штати логістичних компаній рівня 3PL складають кваліфіковані співробітники, є необхідна техніка та обладнання.

4) логістика рівня 4PL відноситься до інтегрованого логістичного аутсорсингу і вважається одним із найбільш просунутих видів послуг. Власник вантажу ретельно вибирає 4PL провайдера та делегує йому великі повноваження. Логістичний оператор рівня 4PL здійснює планування та проектування усього ланцюга постачання товару до кінцевого споживача, а також виконує усі функції провайдера логістика рівня 3PL чи залучає для співпраці інших логістичних провайдерів рівня 3PL. Йому також

передаються вантажовласником в управління бізнес-процеси у сфері логістики.

5) логістика рівня 5PL також відноситься до інтегрованого логістичного аутсорсингу, який отримав подальший розвиток у наданні послуг в віртуальному бізнесі. Провайдери логістичного рівня 5PL надають весь спектр послуг із планування, транспортування, складування різних вантажів. В даний час таких операторів небагато, до функцій провайдерів рівня 4PL вони додають підтримку сучасних інформаційних технологій.

Таким чином, можливо зробити висновок, що транспортно-експедиторські організації надають своїм клієнтам логістичний аутсорсинг рівнів 3PL та 4PL. Провайдери рівня 3PL, як правило, надають транспортно-експедиційні послуги на одному виді транспорту, а провайдери рівня 4PL входять в великі холдинги, наприклад – металургійні.

Останнім часом зменшуються кількість організації, які надають транспортно-експедиторські послуги рівня 3PL на одному виді транспорту. Це пов'язано з концентрацією транспортно-експедиційного бізнесу та переходу його до рівня 4PL, оператори яких мають на своєму балансі власний рухомий.

Завдяки наявності власного рухомого складу логістичні провайдери рівня 4PL спеціалізуються за видами перевезення: автомобільні, залізничні, річкові та морський. Авіаційний та трубопровідний транспорт в даній статті не розглядається.

Транспортно-експедиційні послуги поділяються на два типи в залежності від їх місця надання: внутрішні і міжнародні. Внутрішні послуги регламентуються Законами України «Про транспортно-експедиторську діяльність» [5], «Про транспорт» [6], «Про транзит вантажів» [7], «Про залізничний транспорт» [8], «Про автомобільний транспорт» [9], «Про внутрішній водний транспорт» [10], «Кодекс торговельного мореплавства України» [11], «Цивільний кодекс України» [12], «Господарський кодекс України» [13] та іншими законодавчими актами. Міжнародні послуги регламентуються «Генеральною угодою з тарифів і торгівлі (ГАТТ 1947)» [14], «Генеральною угодою про торгівлю послугами» [15] та багатьма іншими документами.

Внутрішні транспортно-транспортно-експедиційні послуги надаються без застосування спеціального дозволу (раніше ліцензії), але при безпосередньому наданні послуг з перевезення вантажів власним рухомим складом необхідно мати спеціальний дозвіл на здійснення перевезень на кожному видом транспорту. Відсутність

власного рухомого складу «видавлює» з бізнесу дрібних експедиторів та заохочує їх об'єднуватися їх між собою.

При перевезення вантажів по території України (за винятком транзитних) на кожному виді транспорту застосовуються свої форми перевізних документів. Так на автомобільному транспорті – паперова та електронна товарно-транспортна накладна форми 1ТН (відповідно ТТН та е-ТТН); на залізничному транспорті – залізничною накладною; на річковому та морському транспорті – коносамент та вантажна відомість.

При перевезеннях експортно-імпортних та транзитних вантажів по території України оформляються товарно-транспортні документи, складені мовою міжнародного спілкування і залежно від обраного виду транспорту, це можуть бути: на автомобільному транспорті - міжнародна автомобільна накладна (CMR), книга МДП; на залізничному транспорті - накладна СМГС (накладна УМВС) чи накладна ЦИМ (СІМ) в залежності від країн направлення рухомого складу; на водному транспорті - коносамент (Bill of Lading) та вантажна відомість (Cargo Manifest). Ці документи не застосовуються при внутрішніх перевезеннях вантажів і не застосовуються при перевезенні пасажирів.

Необхідно звернути увагу на те, транспортно-експедиційних компаній які здійснюють надання послуг з морського експедирування чи агентування суден рівня 4PL, як правило, є дочірніми компаніями крупних іноземних фірм чи виконують функції їх представників. Слід зазначити, що усі вони є нерезидентами України та для здійснення своєї фінансової діяльності використовують банківські рахунки іноземних банків. Це пов'язано з тим, що усі морські та портові контрагенти між собою використовують валютні розрахунки, а більшість морських та океанських кораблів ходять під Панамським прапором.

### **Висновки та практична значимість**

Виконані дослідження дозволяють зробити такі висновки. Транспортно-експедиційні компанії є невід'ємною частиною ланцюгів постачання і діють як посередники між компанією, яка відправляє вантаж, і кінцевим пунктом призначення товарів та виконують функції логістики рівня 3PL чи 4PL. Вони часто використовують кілька видів транспорту для транспортування одного вантажу.

При виборі для співпраці транспортно-експедиційної компанії обов'язково необхідно звертати увагу на рівень спеціалістів, наявність



власного рухомого складу, вартість та якість пропонованих послуг, відгуки інших організацій.

#### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Міжнародні комерційні умови «ІНКОТЕРМС-2020» [Електронний ресурс]: режим доступу: <https://balance.ua/news/post/pravila-inkotermstablica-rodskazka>
2. Закон України «Про внесення змін до Закону України «Про підприємництво» № 762/97 від 23.19.1997 року [Електронний ресурс]: режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/762/97-%D0%B2%D1%80#Text>
3. Габа, В. В. Транспортно-експедиторська діяльність на залізничному транспорті. Навчальний посібник [Текст]: / В. В. Габа, Г. І. Кириченко, О. Г. Родкевич – К.: ДЕДУТ, 2011. – 153 с.
4. Сокур, І. М. Транспортна логістика. Навчальний посібник [Текст]: / І. М. Сокур, Л. М. Сокур, В. В. Герасимчук// – К.: Центр учбової літератури, 2009. – 222 с.
5. Закон України «Про транспортно-експедиторську діяльність» від 1.06.2004 року № 1955-IV <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1955-15#Text>
6. Закон України «Про транспорт» від 10.11.1994 року № 232/94-ВР [Електронний ресурс]: режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/232/94-%D0%B2%D1%80>
7. Закон України «Про транзит вантажів» від 20.10.1999 року № 1172-XIV [Електронний ресурс]: режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1172-14#Text>
8. Закон України «Про залізничний транспорт» від 4.07.1996 року № 273/96-ВР [Електронний

ресурс]: режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/273/96-%D0%B2%D1%80#Text>

9. Закон України «Про автомобільний транспорт» від 5.04.2001 року № 2344-III [Електронний ресурс]: режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2344-14#Text>

10. Закон України «Про внутрішній водний транспорт» від 3.12.2020 року № 1054-IX [Електронний ресурс]: режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1054-20#Text>

11. «Кодекс торговельного мореплавства України» від 23.05.1995 року № 176/95-ВР [Електронний ресурс]: режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/176/95-%D0%B2%D1%80#Text>

12. «Цивільний кодекс України» від 16.01.2003 року № 435-IV [Електронний ресурс]: режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/435-15#Text>

13. «Господарський кодекс України» від 16.01.2003 року № 436-IV від 16.01.2003 року [Електронний ресурс]: режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/436-15#Text>

14. «Генеральна угода з тарифів і торгівлі (ГАТТ 1947)» від 15.04.1994 [Електронний ресурс]: режим доступу: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995\\_264#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_264#Text)

15. «Генеральна угода про торгівлю послугами» від 15.04.1994 року [Електронний ресурс]: режим доступу: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/981\\_017#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/981_017#Text)

Надійшла до редколегії 02.12.2022.

Прийнята до друку 17.12.2022.

O. PAKHNOV, N. LOGVINOVA, V. HUDIMOV, Y. MAKSYMENKOV

#### OUTSOURCING OF TRANSPORT AND FORWARDING COMPANIES FOR EXECUTION OF PLANNED VOLUMES OF TRANSPORTATION

**The purpose** of this work is to understand the transport and logistics scheme of cargo delivery with minimal transportation costs and the direct process of providing cargo transportation services on the most attractive terms for all participants in this process and effective use of vehicles. Transport forwarding activity is a component of transport outsourcing. The paper considers the general characteristics of PL levels of logistics and the given characteristics of each of them and the differences between them. The description of transport documentation, which is used when using different types of transport for intrastate and interstate transportation of goods, is given. Recommendations for choosing a service transport and forwarding company are provided. **The practical significance** of the article lies in the use of the specified requirements by the enterprise to make the optimal choice of the transport and forwarding company for joint work on the delivery of goods to customers.

*Keywords:* transport outsourcing, logistics, transport and forwarding activities.

УДК 656.073:005.334

Ю. В. ЗЕЛЕНЬКО<sup>1\*</sup>, В. Е. ЧЕРКУДІНОВ<sup>2\*</sup>, С. І. ЛЕВИЦЬКА<sup>3\*</sup>

<sup>1\*</sup>Кафедра «Хімія та інженерна екологія», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпро, Україна, тел. +38 (098) 472-37-82, ел. пошта: vgor5650@gmail.com, ORCID 0000-0002-6537-7461

<sup>2\*</sup>Кафедра «Прикладна механіка та матеріалознавство», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпро, Україна, тел. +38 (098) 098-00-90, ел. пошта: volodymyrcherkudinov@gmail.com, ORCID 0000-0003-3164-0329

<sup>3\*</sup>Кафедра «Іноземних мов», Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24а, 49000, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-09, ел. пошта: levytska.svitlana@pdaba.edu.ua, ORCID 0000-0001-6725-0280

## КОНЦЕПЦІЯ ЕКОЛОГІЗАЦІЇ МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

**Метою** є огляд актуальних проблем та задач організації мультимодальних вантажних перевезень в Україні та аналіз тенденцій, пов'язаних з використанням транспортного комплексу (ТК). **Методика.** Використовуючи системний аналіз, запропоновано методики для оцінки існуючих проблем та задач, а також представлено власне визначення екологічної проблематики, як найважливіша у комплексі питань створення та функціонування ТК. При цьому враховуються процеси перерозподілу енергії у вигляді питомих та узагальнених показників ефективності, яку може бути використано для забезпечення потреб мультимодальних перевезень. **Результати.** На основі розглянутих та проаналізованих проблем та тенденцій роботи мультимодальної транспортної системи розроблені рекомендації щодо комплексного вирішення завдань транспортного планування, підвищення безпеки та зниження негативного впливу транспорту на довкілля для подальшого поширення застосування найбільш успішних рішень у кожній із областей. **Наукова новизна.** Авторами під час аналізу та огляду проблематики вперше запропоноване комплексне вирішення питань створення та функціонування ТК з урахуванням взаємодії у галузі транспортних та природоохоронних технологій. **Практична значимість.** Запропоновані заходи дозволять побудувати стратегічні засади розвитку комбінованої транспортної системи, покращити якість транспортних послуг, а також дасть змогу отримати максимальний екологічний та технологічний ефект від поєднання можливостей усіх видів транспорту під час здійснення перевезень.

*Ключові слова:* логістика, мультимодальна система, транспортний комплекс, екологічний інцидент, транзитна політика, міжнародний транзитний коридор.

### Вступ

Статистика підтверджує, що на сьогоднішній день залізничний транспорт є лідером у сфері безпеки та екологічності. Але розуміючи важливість оптимізації логістичних ланцюжків, необхідно враховувати, що сучасний ринок транспортних послуг визначається багатьма параметрами: вартістю, швидкістю, гнучкістю обслуговування та ефективністю мультимодальності. Отже, формуючі нові транспортні коридори та логістичні ланцюги треба проаналізувати всі зазначені параметри та варіативність.

Відомо, що транспортний комплекс при виконанні своєї важливої соціально-економічної функції споживає значне кількість паливно-енергетичних та інших невідновлюваних ресурсів. На всіх стадіях життєвого циклу – виробництва, експлуатації та утилізації транспортних засобів навколишньому середовищу та суспільству наноситься значні екологічні збитки: викиди забруднюючих речовин у атмосферне повітря, транспортний шум та вібрація, забруднення ґрунтового покриву та водних ресурсів, утворення

відходів, вилучення земельних та лісових ресурсів при будівництві транспортної інфраструктури.

Попри зростання попиту на транспортні послуги у системі забезпечення екологічної безпеки транспортного комплексу зберігається низка невирішених проблем: не подолано тенденцій старіння парку транспортних засобів; недостатній технічний та технологічний рівень транспортної техніки та обладнання; не реалізовано можливості взаємодії різних галузей, пов'язаних з розробкою, виробництвом, експлуатацією та утилізацією транспортних засобів [1].

### Мета

Метою є огляд актуальних проблем та задач організації мультимодальних вантажних перевезень в Україні та аналіз тенденцій, пов'язаних з використанням транспортного комплексу (ТК).

### Методика

Використовуючи системний аналіз, запропоновано методики для оцінки існуючих проблем

та задач, а також представлено власне визначення екологічної проблематики, як найважливіша у комплексі питань створення та функціонування ТК. При цьому враховуються процеси перерозподілу енергії у вигляді питомих та узагальнених показників ефективності, яку може бути використано для забезпечення потреб мультимодальних перевезень.

Питання організації мультимодальних перевезень, управління ними і їх удосконалення за допомогою ефективної системи логістики розглядають Р.В. Вернигора, О.Г. Дейнека, С.М. Димарчук, Л.Л. Калініченко, О.О. Карпенко, О.Г. Кухарчик, А.М. Огороков, О.І. Павленко, О.І. Петренко, К.В. Соляник, В.В. Сторожев, О.В. Шраменко та інші науковці, фахівці.

Аналізуючи мультимодальні перевезення, автори дають власні визначення досліджуваного поняття та шляхи підвищення її ефективності [2-4].

Огляд публікацій засвідчив, що забезпечення послуг мультимодальності є сучасною тенденцією у міжнародній транспортній логістиці, актуалізує подальше дослідження методів використання мультимодальних перевезень та пошук шляхів розвитку транспортно-логістичних систем мультимодальної інфраструктури.

Несприятливі тенденції, пов'язані з використанням транспортного комплексу (ТК), сприяють пошуку та розробці нових методів мінімізації негативних впливів транспорту на довкілля та здоров'я людини [5].

Крім того, екологічна проблематика є найважливішою у комплексі питань створення та функціонування ТК: з одного боку, посилення потужності транспорту вантажів підвищує антропогенний тиск на навколишнє середовище; з іншого боку - небезпека деяких вантажів, що перевозяться, змушує передбачати спеціальні заходи щодо запобігання несанкціонованому їх поширенню в навколишньому середовищі [8].

Основними причинами екологічного інциденту може бути:

- стихійні лиха, що призводять до розгерметизації контейнерів із вантажами (у тому числі з небезпечними вантажами);
- порушення технології перевезення вантажів;
- терористичні акти, спрямовані на захоплення небезпечних вантажів та їх застосування у злочинних цілях.

Рішення в галузі розвитку транспортної системи та регулювання транспортної діяльності повинні оцінюватися як точки зору економічної ефективності, так і з погляду безпеки

дорожнього руху, мінімізації впливу транспорту на довкілля, причому зазначені критерії є рівноцінними [6].

У регулюванні конкурентних відносин між різними видами транспорту має реалізовуватися принцип поетапного перемикавання вантажо- та пасажиропотоків на екологічно чисті види транспорту. Акценти мають бути перенесені на запобігання виникнення проблемних екологічних ситуацій замість усунення їх наслідків.

Отже, поетапний перехід до принципу «забруднювач завжди платить» дозволить знизити частку суб'єктів економічної та іншої діяльності, що надають шкідливий вплив на довкілля.

Комплексне вирішення завдань транспортного планування, підвищення безпеки та зниження негативного впливу транспорту на довкілля мають бути сконцентровані, перш за все, стосовно великих міст, курортних зон і територій, прилеглих до міжнародних транспортних коридорів для подальшого поширення застосування найбільш успішних рішень у кожній із областей [6].

Особливі екологічні вимоги пред'являються до міжнародних транзитних коридорів (МТК) для перевезення небезпечних вантажів - існуючу нестачу інформації про вантажі, що перевозяться, сьогодні необхідно компенсувати більш ретельним контролем за їх рухом. Необхідно розробити транзитну політику країни, з урахуванням природного середовища району перевезення, що включає використання резервів національної транспортної системи, підготовку та реалізацію транспортних проектів, що належать до комплексу з діями державних та регіональних органів влади щодо вдосконалення законодавчо-правової бази, тарифної політики, інноваційної діяльності, інвестиційного клімату дозволить створити сприятливі умови для залучення на транспортні комунікації нашої країни транзитних пасажиро- та вантажопотоків. Тобто природоохоронні заходи при створенні та розвитку МТК мають здійснюватися одночасно з технічними, технологічними, організаційними, правовими та іншими заходами щодо формування та розвитку в Україні системи міжнародних транспортних систем.

Основним завданням у процесі формування мультимодальної системи перевезення є комплексний розвиток усіх її підсистем та елементів [7].

Так, з погляду системного підходу, мультимодальну систему доставки вантажів доцільно розглядати як складову підсистему

транспортно-логістичної системи країни, що включає в себе:

- мультимодальну транспортну мережу (мережа різних видів транспорту, що забезпечують мультимодальне перевезення);
- мультимодальні (міжнародні) транспортні коридори;
- об'єкти мультимодальної транспортної інфраструктури (мультимодальні транспортні вузли).

Варто зазначити, що особливе місце в мультимодальній системі займають об'єкти транспортної інфраструктури, які забезпечують виконання допоміжних технологічних операцій (вантажні операції, короткострокове зберігання, обробка та ін.) у процесі перевезень та повинні відповідати таким основним умовам:

- знаходження на перетині декількох транспортних шляхів різних видів транспорту (автомобільний, залізничний, водний, повітряний, трубопровідний);
- розвиненість різних видів транспорту на території формування мультимодального транспортного вузла;
- наявність потужного складського і термінального комплексів для переробки різних типів вантажів та вантажних одиниць, у тому числі контейнерів;
- наявність митної інфраструктури, здатної забезпечити митне супроводження вантажопотоків;
- наявність фінансової інфраструктури (філій банків, страхових компаній) для надання страхових та фінансових послуг;
- наявність розвинутої інформаційної інфраструктури для забезпечення інформаційної підтримки та керування технологічними процесами обробки вантажів та ін.

Мультимодальні вузли як складові елементи конкретної мультимодальної системи перевезень істотно відрізняються між собою за своїм значенням, рівнем концентрації вантажопотоків та територією впливу.

### Результати

Мультиплікативний ефект від реалізації комплексного вирішення завдань транспортного планування, підвищення безпеки та зниження негативного впливу транспорту на довкілля представлений у вигляді груп, які формуються за рівнем впливу друг на друга (рис. 1).

### Наукова новизна та практична значимість

Авторами під час аналізу та огляду проблематики вперше запропоноване комплексне

вирішення питань створення та функціонування ТК з урахуванням взаємодії у галузі транспортних та природоохоронних технологій.

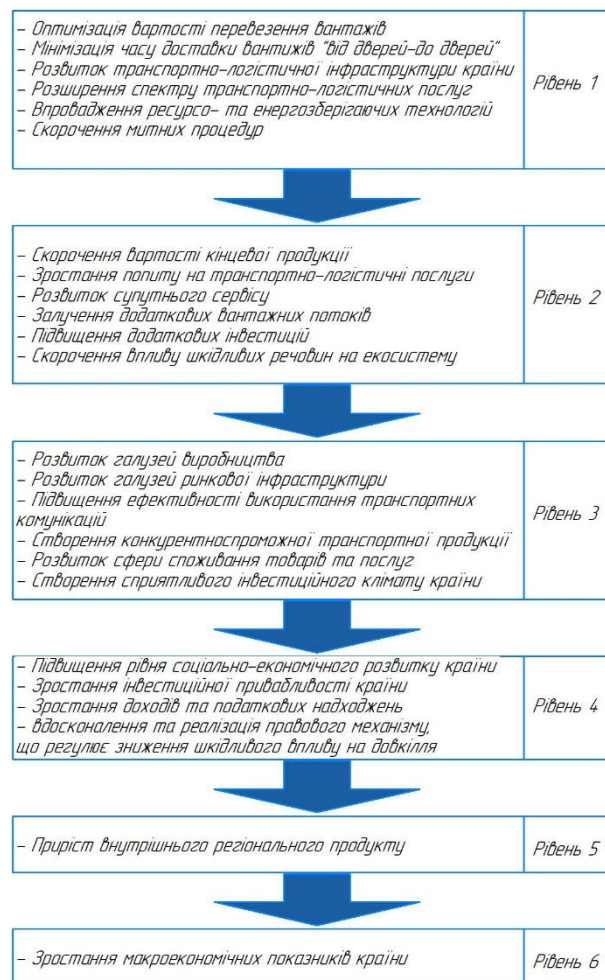


Рис. 1. Рівні впливу груп мультиплікативного ефекту

Запропоновані заходи дозволяють побудувати стратегічні засади розвитку комбінованої транспортної системи, покращити якість транспортних послуг, а також дасть змогу отримати максимальний екологічний та технологічний ефект від поєднання можливостей усіх видів транспорту під час здійснення перевезень.

### Висновки

Аналіз мультимодальних перевезень в Україні показав низку проблем, які можна подолати за допомогою таких заходів, які направлені на:

- вдосконалення та реалізація правового механізму, що регулює зниження шкідливого впливу на довкілля;
- вдосконалення системи нормування, відповідальності та стимулювання в області природоохоронної діяльності ТК;

– науково-технічне забезпечення раціонального використання природних ресурсів та зняття негативного впливу на довкілля;

– ефективна взаємодія фахівців у галузі машинобудування, технічної експлуатації транспортних засобів, організації транспортних перевезень, дорожнього руху, дорожнього будівництва та транспортного містобудування;

– впровадження ресурсо- та енергозберігаючих матеріалів та технологій;

– створення транспортних засобів, що використовують нові види палива;

– впровадження сучасних інноваційних технологій моніторингу стану атмосферного повітря поблизу доріг та об'єктів тяжіння мобільних джерел викидів, удосконалення системи збору, передачі, зберігання та аналізу відповідної інформації.

Запропоновані заходи дозволять побудувати стратегічні засади розвитку комбінованої транспортної системи, покращити якість транспортних послуг, а також дасть змогу отримати синергетичний ефект від ефективного поєднання потенційних можливостей усіх видів транспорту на основі партнерсько-конкурентних засад під час здійснення перевезень. Отже, ефективним напрямом оптимізації перевізного процесу та створення конкурентоспроможного ринку транспортно-логістичних послуг є формування мультимодальних систем перевезення вантажів (МСПВ).

МСПВ сприяє уніфікації торгово-правового режиму; є комплексним ви-рішенням фінансово-економічних проблем за для забезпечення сталого функціонування системи; забезпечує координацію та організаційно-технологічну взаємодію всіх ланок ланцюга доставки вантажів; сприяє комплексному розвитку інфраструктури та ресурсів різних видів транспорту та ін.

Подальше дослідження питань підвищення енергоефективності мультимодальних перевезень дадуть можливість побудувати стратегічні засади розвитку комбінованої транспортної системи, покращити якість транспортних послуг, а також отримати синергетичний ефект від ефективного поєднання потенційних можливостей усіх видів транспорту під час здійснення перевезень.

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Зеленько Ю. В., Мямлін С. В. Еколого-економічні заходи стабілізації та поліпшення стану довкілля на залізничному транспорті / Збірник наукових праць Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна «Проблеми економіки транспорту», 2014, вип. 7., с. 47-51. doi: 10.15802/pte.v0i7.32094

2. Вернигора Р. В., О कोरोков А. М., Цупров П. С., Павленко О. І. Мультимодальні перевезення як базовий сегмент транзитного потенціалу України. Транспортні системи та технології перевезень : зб. наук. пр. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. Дніпро, 2017. Вип. 14. С. 20–29. doi: 10.15802/tst2017/123148.

3. Дейнека О. Г. Принципи логістичного підходу до залізничних перевезень / О. Г. Дейнека, Л. О. Позднякова // Вісник економіки транспорту і промисловості: тези доповідей за матеріалами 15-ї наук.-практ. міжнар. конф. «Міжнародна транспортна інфраструктура, індустріальні центри та корпоративна логістика» (6 - 8 червня 2019 р. м. Харків) – 2019.– № 66 (додаток). – С. 130-132.

4. Вернигора Р. В., О कोरोков А. М., Цупров П. С., Рустамов Р. Ш. Перспективи експортних перевезень зернових вантажів у контейнерах. Транспортні системи і технології перевезень: зб. наук. пр. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. Дніпро, 2018. Вип. 16. С. 22–30. doi: 10.15802/tst2018/164056.

5. Зеленько Ю. В., Калимбет М. В., Фесенко Д. В. Впровадження заходів щодо ліквідації наслідків аварій при перевезенні небезпечних вантажів. Транспортні системи і технології перевезень. Дніпро, 2020. Вип. 20. С. 20–26. DOI: 10.15802/tst2020/217394.

6. Zelenko, Y. V., Zelenko, D. M., & Neduzha, L. O. (2021). Study of negative influence of petroleum products on metal elements of railway infrastructure. *Science and Transport Progress*, (5(89)), 105–115. doi: 10.15802/stp2020/218353

7. Черкудінов В. Е. Дослідження параметрів безпеки при експлуатації спецавтотранспорту для перевезення небезпечних наливних вантажів : дипломна робота на здобуття кваліфікаційного ступеня магістра : спец. 274 – Автомобільний транспорт / наук. керівник С. В. Ракша ; Укр. держ. ун-т науки і технологій. Дніпро, 2021. 78 с.

8. Левчук Р. О., Матвіїв І. І. Сучасні проблеми мультимодального перевезення // Політ. Сучасні проблеми науки: тези доповідей XXI Міжнародної науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених . – Національний авіаційний університет. – Київ, 2021. – С. 267-268. doi:10.31435/rsglobal\_sr/30012021/7375

Надійшла в редколегію 06.12.2022.

Прийнята до друку 14.12.2022.

## THE ENVIRONMENTAL CONCEPT OF MULTIMODAL TRANSPORTATION

**The goal** is to review the current problems and tasks of organizing multimodal freight transportation in Ukraine and analyze trends related to the use of the transport complex (TC). **Methodology.** Using a system analysis, methods for assessing existing problems and tasks are proposed, as well as a proper definition of environmental issues as the most important in the complex of issues of creation and functioning of TC is presented. At the same time, energy redistribution processes are taken into account in the form of specific and generalized indicators of efficiency, which can be used to meet the needs of multimodal transportation. **The results.** On the basis of the considered and analyzed problems and trends of the operation of the multimodal transport system, recommendations have been developed for the comprehensive solution of transport planning tasks, improving safety and reducing the negative impact of transport on the environment for further spreading the application of the most successful solutions in each of the regions. **Scientific novelty.** During the analysis and review of the issues, the authors proposed for the first time a comprehensive solution to the issues of creation and functioning of TC, taking into account interaction in the field of transport and environmental protection technologies. **Practical significance.** The proposed measures will make it possible to build strategic foundations for the development of a combined transport system, improve the quality of transport services, and also make it possible to obtain the maximum ecological and technological effect from combining the capabilities of all types of transport during transportation.

*Keywords:* logistics, multimodal system, transport complex, environmental incident, transit policy, international transit corridor.

УДК 656

Є. А. МАКСИМЕНКОВ<sup>1\*</sup>, В. В. ГУДІМОВ<sup>2\*</sup>, О. Ю. ПАПАХОВ<sup>3\*</sup>, Н. О. ЛОГВІНОВА<sup>4\*</sup>

<sup>1\*</sup>Кафедра військової підготовки спеціалістів Держспецтрансслужби Українського державного університету науки і технологій, вул. Лазаряна 2, м. Дніпро, Україна, тел: +38 (068) 691-39-61, ел. пошта u.a.maksymenkov@ust.edu.ua ORCID 0000-0002-9608-7301

<sup>2\*</sup>Кафедра «Військової підготовки спеціалістів Держспецтрансслужби», Українській державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпро, Україна, тел: +38(067) 605-33-76, ел.пошта gudvictor777@gmail.com, ORCID 0000-0002-6630-650X

<sup>3\*</sup>Кафедра «Управління експлуатаційною роботою», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпро, Україна, тел. +38 (067) 564-65-65, ел. пошта papahova0362@gmail.com, ORCID 0000-0003-2357-8158

<sup>4\*</sup>Кафедра «Управління експлуатаційною роботою», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпро, Україна, тел. +38 (067) 524-43-22, ел. пошта logvinovanata1987@gmail.com, ORCID 0000-0002-9350-881X

## ШЛЯХИ ОПТИМІЗАЦІЇ ЧАСОВИХ ПОКАЗНИКІВ ПРИ ПЛАНУВАННІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВІЙСЬКОВИХ ЧАСТИН ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ

**Метою** роботи є проведення аналізу організації безперервності військових перевезень в умовах ведення бойових дій Збройними Силами України. Наразі важливим є питання готовності здійснювати переміщення військових частин (підрозділів) в короткі строки, не порушуючи їх цілісності, із забезпеченням можливості раптового переходу до виконання завдань за призначенням, що є невід'ємною складовою військових операцій (бойових дій). **Методи.** Питання оптимізації часових показників при плануванні перевезення військових частин залізничним транспортом за рахунок уточнення витрат часу на вантажно-розвантажувальні операції. **Результати.** Успіх виконання військових перевезень залежить в першу чергу від якості їх планування, організації тісної взаємодії між органами військового управління та органами управління на видах транспорту. Взаємодія з органами управління на видах транспорту здійснюється з питань забезпечення та регулювання військових перевезень, узгодження технічних можливостей та здійснення контролю підготовки до виконання перевезень. Управління військових сполучень на залізницях спільно з керівництвом залізниць здійснюють своєчасне забезпечення перевезень рухомим складом, безперервне управління військовими перевезеннями, вживають заходів з прискореного просування ешелонів в зоні відповідальності, контроль економії бюджетних коштів під час виконання військових перевезень. **Практична значимість.** Сьогодні є актуальним питання створення угруповань військ (сил) Збройних Сил України, швидкого перегрупування військ та нарощування існуючих угруповань, забезпечення високої мобільності, маневреності військ, здійснення військових перевезень у встановленні терміни.

*Ключові слова:* військовий транспорт, залізничний транспорт, організація, великоваговий вантаж, навантаження, планування.

### Вступ

Під час проведення сучасних операцій виникають потреби у виконанні великого об'єму військових перевезень, пов'язаних з перегрупуванням військ, підвезенням матеріальних засобів, проведенням мобілізації і евакуаційних перевезень. Крім того, виконуються перевезення для потреб національної економіки, цивільної оборони. Від стану та можливостей транспорту в значній мірі залежить успіх виконання військами поставлених завдань. Недооцінка важливості транспортного забезпечення у деяких випадках може привести до невиправданих втрат в ході операції або її зриву.

В даний час мають місце дві суперечливі тенденції:

- перша – безупинне збільшення матеріальних потреб військ при веденні бойових дій, а значить і обсягів підвезення;
- друга – усе більше ускладнення умов підвезення матеріальних засобів військам, що ведуть бойові дії через високу уразливість вузлів доріг, великих мостів і інших об'єктів на шляхах сполучення, автомобільних колон, польових магістральних трубопроводів, інших інфраструктурних об'єктів від ракетних авіаційних ударів високоточної зброї противника, дій диверсійно-розвідувальних груп противника в глибині тилових смуг оперативних угруповань.

## **Постановка завдання дослідження**

Найважливішим чинником своєчасного створення (нарощування) необхідних угруповань військ (сил) є готовність здійснювати переміщення військових частин (підрозділів) в короткі строки, не порушуючи їх цілісності, із забезпеченням можливості раптового переходу до виконання завдань за призначенням, що є невід'ємною складовою військових операцій (бойових дій). Тому, своєчасність виконання переміщень та перевезень військ є важливим фактором забезпечення високої мобільності, маневреності військ і впливає, як на процес планування військових операцій (бойових дій), так і на їх результати в цілому [8].

## **Мета дослідження**

Питання оптимізації часових показників при плануванні перевезення військових частин залізничним транспортом за рахунок уточнення витрат часу на вантажно-розвантажувальні операції.

## **Аналіз останніх досліджень і публікацій**

Проблемні питання організації процесу виконання військових перевезень, розглядалися в [12]. Подібні задачі, які стосуються оптимізації часових показників перевезення військових частин залізничним транспортом, не розглядалися.

## **Основний матеріал дослідження**

Враховуючи відкрити збройну агресію і повномасштабний наступ збройних сил російської федерації на територію України з різних напрямків, виникає об'єктивна необхідність створення угруповань військ (сил) Збройних Сил України на цих напрямках, швидкого перегрупування військ та нарощування існуючих угруповань. Найважливішим чинником своєчасного створення (нарощування) необхідних угруповань військ (сил) є готовність здійснювати переміщення військових частин (підрозділів) в короткі строки, не порушуючи їх цілісності, із забезпеченням можливості раптового переходу до виконання завдань за призначенням. Крім того, для забезпечення виконання угрупованнями військ (сил) завдань за призначенням є необхідність своєчасного перевезення та транспортування озброєння, військової техніки та матеріально-технічних засобів для задоволення їх потреб у визначених районах (зонах).

Тобто, здійснення переміщень та перевезень є невід'ємною складовою військових операцій (бойових дій).

Успіх виконання військових перевезень залежить в першу чергу від якості їх планування, організації тісної взаємодії між органами військового управління та органами управління на видах транспорту. Взаємодія з органами управління на видах транспорту здійснюється з питань забезпечення та регулювання військових перевезень, узгодження технічних можливостей та здійснення контролю підготовки до виконання перевезень.

Управління військових сполучень на залізницях спільно з керівництвом залізниць здійснюють своєчасне забезпечення перевезень рухомим складом, безперервне управління військовими перевезеннями, вживають заходів з прискореного просування ешелонів в зоні відповідальності, контроль економії бюджетних коштів під час виконання військових перевезень.

Оперативність перевезень вимагає здійснювати їх планування у над короткі терміни.

Для забезпечення навантаження військових ешелонів необхідно проводити заходи шляхом подачі порожнього рухомого складу та створювати резерв вагонів на станціях, наближених до районів навантаження (відновлення боєздатності, ведення бойових дій).

Перевезення військових частин залізничним транспортом здійснюється за умови наявності достатнього часу та необхідності перемістити військові частини на відстань, більшу ніж добовий перехід, зберегти моторесурс техніки та пального. Залізничним транспортом можуть перевозитися військові частини (підрозділи) у повному складі або лише важке озброєння та військова техніка, особливо з малим запасом ходу та низькими маршовими можливостями.

У ході операцій (бойових дій) перевезення озброєння та військової техніки (ОВТ) та матеріально-технічних засобів (МтЗ) залізничним транспортом здійснюється для поповнення витрат і втрат в ОВТ та МтЗ у військах (угрупованнях військ), евакуації пошкодженого ОВТ на ремонтні підприємства національної економіки та Збройних Сил України.

В особливий період військові залізничні перевезення здійснюються в першу чергу. Черговість та терміновість здійснення військових залізничних перевезень встановлюються Генеральним штабом Збройних Сил України. [9]

Виконання військових залізничних перевезень включає навантаження, просування, вивантаження, а в окремих випадках і перевантаження військових частин (підрозділів) та військових вантажів.



Навантаження озброєння та військової техніки здійснюється на широкому фронті з використанням усіх наявних вантажно-розвантажувальних пристроїв, засобів та механізмів, скрито, швидко і організовано. За своєчасність навантаження, перевантаження та розвантаження військового ешелону (команди), правильність розміщення та кріплення озброєння й техніки відповідає начальник військового ешелону, який призначається наказом командира військової частини.

Норми часу на навантаження (розвантаження) на залізничний рухомий склад визначені в Додатку №11 до Положення з військових перевезень залізничним, морським, річковим та повітряним транспортом. Так, наприклад, для навантаження військового ешелону з гусеничними машинами на табельному кріпленні, які не потребують приведення до габариту навантаження після розміщення на залізничному рухомому складі, з торцевої платформи норми часу становлять 2 години 40 хвилин. [10] Слід зазначити, що наведені норми часу розраховані для

навантаження (вивантаження, перевантаження) одного військового ешелону під час заїзду техніки з одної точки на рухомий склад з 30 вагонів. Збільшення або зменшення часових показників відповідно до кількості точок заїзду та їх виду, або в залежності від кількості рухомого складу також визначається даним Положенням [10].

Норми часу навантаження (розвантаження) військових ешелонів приведені в табл. 1.

Можливість застосування противником високо-точної зброї, руйнування важливих транспортних вузлів, залізничних і автодорожніх мостів, руйнування мережі шляхів сполучення, припинення руху поїздів та пов'язані з цим порушення термінів доставки військ та матеріальних засобів – все це створює вкрай важкі умови для здійснення військових перевезень та підвищує роль їх належної організації. У свою чергу необхідно враховувати фактор часу. Тож перевезення повинні виконуватись максимально можливим темпом і з максимальними швидкостями. [10, 11.]

Таблиця 1

**Норми часу на навантаження (розвантаження) військового ешелону на залізничний рухомий склад**

№ з/п	Військові ешелони	Час, год., хв.				на перевантаження
		під час навантаження з використанням		під час вивантаження з використанням		
		торцевої платформи	бокової платформи	торцевої платформи	бокової платформи	
1	З гусеничними машинами на табельному кріпленні, які не потребують приведення до габариту навантаження після розміщення на залізничному рухомому складі, у разі спільного навантаження з колісною технікою	2,40	3,20	2,00	2,00	4,15
2	З гусеничними машинами, які не потребують приведення до габариту навантаження після розміщення на залізничному рухомому складі	3,20	4,00	2,30	2,45	5,00
3	З артилерією (колісні тягачі)	2,30	3,00	1,45	2,00	3,45
4	З артилерією (гусеничні тягачі)	3,20	4,00	2,30	2,45	5,00
5	З колісними машинами загальної маси кожної одиниці до 24 т, які не потребують приведення до габариту навантаження після розміщення на залізничному рухомому складі	3,00	3,30	2,20	2,40	4,40
6	З колісними машинами загальною масою кожної одиниці більше 24 т, які не потребують приведення до габариту навантаження після розміщення на залізничному рухомому складі	4,00	5,00	3,00	3,30	6,25
7	З громіздким, довгомірним озброєнням, військовою технікою, а також з озброєнням та військовою технікою, яка потребує приведення до габариту навантаження після розміщення на залізничному рухомому складі	5,00	6,00	4,00	4,30	7,50
8	З озброєнням, військовою технікою та майном, які потребують застосування кранів під час навантаження (вивантаження, перевантаження)	8,00	10,00	6,30	8,30	13,50

Тривалість перевезення  $T$  складається з витрат часу на навантаження, перевезення залізничним транспортом і розвантаження. Для одного ешелону вона може бути розрахована за формулою

$$T = \frac{t_n}{24} + \frac{L}{V} + \frac{t_p}{24}, \text{ доба}$$

де  $L$  – довжина маршруту, км;

$V$  – маршрутна швидкість, км/добу;

$t_n, t_p$  – середній час навантаження або розвантаження ешелону відповідно, год.

Середній час навантаження ешелону залежить від навантажувально-розвантажувальної спроможності одного місця і розраховується:

$$E_M = \frac{T \cdot k}{a(t_{\text{под}} + t_{\text{заб}}) + t_{\text{неш}} + b \cdot t_n + t_{\text{инт}}},$$

де  $T$  – період часу, за який проводяться навантажувально-розвантажувальна роботи, год;

$k$  – коефіцієнт використання навантажувально-розвантажувального місця,  $k = 0,8$ ;

$t_{\text{под}}, t_{\text{заб}}$  – час подачі, забирання вагонів при навантаженні по частинам, приймається 15 хв;

$t_{\text{неш}}$  – час прийому НЕШ ешелону, приймається 30 хвилин;

$t_{\text{инт}}$  – інтервал часу між закінченням навантаження і відправленням поїзда з ешелonom, залежить від шляхового розвідку станцій, технологічного процесу, приймається 20 хв;

$a$  – кількість подач в складі одного поїзда;

$b$  – коефіцієнт, що враховує збільшення часу навантаження ешелону в залежності від числа подач  $a$ :

$$b = \begin{cases} 1 & \text{при } a = 1 \\ 1,2 & \text{при } a = 2 \\ 1,3 & \text{при } a = 3 \end{cases}$$

Для розрахунку кількості подач необхідно знати довжину поїзда, яку визначимо по наступній формулі

$$L_{\text{п}} = n_{\text{ваг}} \cdot 14 + l_{\text{лок}} + 10,$$

де  $n_{\text{ваг}}$  – кількість умовних вагонів в поїзді;

$l_{\text{лок}}$  – довжина локомотива,  $l_{\text{лок}} = 35$  м.

10 – відстань на точність встановлення поїзда в межах корисної довжини.

Для зменшення часу на організацію перевезення штаби оперативних командувань, видів Збройних Сил України, військових частин

повинні постійно мати два варіанти розрахунків на перевезення військових частин залізничним транспортом: один – для перевезення залізничним транспортом у повному складі, інший – для перегрупування комбінованим способом. Варіанти розрахунків необхідно уточнювати в ході планування з урахуванням змін бойового і чисельного складу військових частин. [10]

Як свідчить досвід перевезень під час проведення Операції Об'єднаних Сил для перевезення підрозділів та військових частин (залежно від їх бойового складу) кількість військових ешелонів становить: для перевезення окремої механізованої бригади (окремої горно-піхотної бригади) – від 14 до 16 ешелонів; окремої танкової бригади – від 12 до 14 еш.; окремої мотопіхотної бригади – від 10 до 12 еш.; батальйонної тактичної групи – до 3 еш., за умови наявності у складі одного військового ешелону – 5 пасажирських вагонів, 2 критих та 40 залізничних платформ [10].

Час перебування ешелонів під навантаженням (розвантаженням) залежить від типів та кількості вантажно-розвантажувальних місць (платформ) на станції, засобів кріплення, часу доби, фронту подачі навантаження (розвантаження) і в середньому складає: у районі навантаження – від 3 до 10 годин, в районі розвантаження – від 2 до 8 годин. На виконання операцій з подачі ешелону під розвантаження і відправлення його зі станції навантаження орієнтовно потрібно 2,0 – 2,5 години.

Тренування особового складу військової частини в практичному навантаженні (розвантаженні) та кріпленні штатного озброєння і військової техніки на транспортні засоби повинно здійснюватися згідно планів бойової підготовки та в підготовчому періоді після отримання наказу і планів на перевезення.

Ця підготовка складається з підготовки особового складу, підготовки техніки, майна і вантажів.

Підготовка особового складу передбачає:

- вивчення з особовим складом основних норм поведінки і правил особистої безпеки при навантаженні, у шляху проходження і при розвантаженні ешелону, сигналів тривоги, що застосовуються на залізничному транспорті і порядок дій по ним; обов'язків посадових осіб ешелону й особливостей виконання служби особами добового наряду;

- проведення санітарного огляду, помивки особового складу в лазні, а при необхідності й інших санітарних і протиепідемічних заходів;

– оголошення всьому особовому складу номера ешелону, звання і прізвища начальника ешелону.

Підготовка військової техніки полягає в її технічному огляді, усуненні виявлених несправностей, приведенні її в готовність до виконання маршруту і навантаженню на залізничний рухомий склад. Підготовка техніки повинна бути закінчена до виходу підрозділів ешелону на станцію навантаження. Одночасно з підготовкою техніки відбувається заготівля кріпильних матеріалів і пристосувань.

Підготовка майна і вантажів у залежності від прийнятого засобу транспортування (у критих вагонах, на платформах або в кузовах машин), передбачає розподіл їх по підрозділах і виділення комплектів майна для устаткування вагона-кухні, вагона-ізолятора, а також інвентарю і посуду відповідно до норм.

В свою чергу, як показує практика, під час виконання військових перевезень у ході забезпечення АТО (ООС) середній час навантаження військових ешелонів перевищував встановлені терміни на 4-5 годин, розвантаження на 2-3 години, що збільшило загальний термін переміщення військ до районів призначення на 6-8 годин. Збільшення часових показників під час навантаження (розвантаження) ешелонів було пов'язане, як правило, з недостатнім рівнем практичних навичок особового складу (штатних екіпажів) щодо заїзду на залізничні платформи та їх неповною укомплектованістю [12].

### Висновки

Таким чином, непередбачене збільшення часових витрат саме на операції з навантаження-розвантаження ОВТ суттєво впливає на якість процесів планування військових операцій (бойових дій). Тому, враховуючи вище наведені дані та з метою більш якісного планування військових операцій (бойових дій), виникає нагальна потреба перегляду встановлених відповідними нормативно-правовими актами часових показників на навантаження-розвантаження і введення коригуючих коефіцієнтів.

Y. MAKSYMENKOV, V. HUDIMOV, O. PAPAHOV, N. LOGVINOVA

## WAYS OF OPTIMIZING TIME INDICATORS WHEN PLANNING THE TRANSPORTATION OF MILITARY UNITS BY RAIL TRANSPORT

The purpose of the work is to conduct an analysis of the organization of the continuity of military transportation in the conditions of the conduct of hostilities by the Armed Forces of Ukraine. Currently, the issue of readiness to move military units (units) in a short period of time, without violating their integrity, with the provision of the possibility of a sudden transition to the performance of assigned tasks, which is an integral component of military operations

### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Закон України «Про оборону України», м. Київ 6 грудня 1991 року №1933- XII.
2. Закон України «Про функціонування єдиної транспортної системи України в особливий період» (із змінами і доповненнями)
3. Закон України "Про мобілізаційну підготовку та мобілізацію" (із змінами і доповненнями)
4. Закон України «Про транспорт» (із змінами і доповненнями)
5. Постанова КМУ від 4 листопада 2015 р. № 891 «Про затвердження Порядку організації діяльності залізничного транспорту під час здійснення військових залізничних перевезень».
6. Бойовий статут Механізованих і танкових військ Сухопутних військ Збройних Сил України, частина II, 2016.
7. Про затвердження Положення з військових перевезень залізничним, морським, річковим та повітряним транспортом : наказ Міністра оборони України від 05.09.2013 р. № 595. Офіційний вісник України. 2013. №78;
8. Доктрина «З організації переміщень та перевезень (транспортувань) у Збройних Силах України», ВКП 400(03).01.
9. Порядок організації діяльності залізничного транспорту під час здійснення військових залізничних перевезень: Постанова Кабінету Міністрів України від 4 листопада 2015 р. № 89.
10. Положення з військових перевезень залізничним, морським, річковим та повітряним транспортом, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 26 вересня 2013 р. за № 1662/24194.
11. Інструкція з управління військовими залізничними перевезеннями: Наказ Міністерства оборони України від 1 грудня 2014 р. № 853.
12. Гаврилюк І. Ю., Робота органів військового управління щодо організації та забезпечення військових перевезень протягом 2014-2016 років з урахуванням досвіду проведення антитерористичної операції, Одеса, Військова академія, Збірник наукових праць № 2 (6), 2016 р.

Надійшла до редколегії 20.12.2022.

Прийнята до друку 24.12.2022.

(combat operations), is important. **Methods.** The issue of optimizing time indicators when planning the transportation of military units by rail transport due to the clarification of time spent on loading and unloading operations. **The results.** The success of military transportation depends primarily on the quality of their planning, the organization of close cooperation between the military administration bodies and the administration bodies on the types of transport. Interaction with the management bodies on the types of transport is carried out on the issues of ensuring and regulating military transports, coordination of technical capabilities and control of preparations for carrying out transports. The Department of Military Communications on Railways, together with the management of railways, carries out timely provision of rolling stock transportation, continuous management of military transportation, measures are taken to accelerate the advancement of echelons in the area of responsibility, and control the saving of budget funds during the execution of military transportation. **Practical significance.** Today, the issue of creating groups of troops (forces) of the Armed Forces of Ukraine, rapid regrouping of troops and expansion of existing groups, ensuring high mobility and maneuverability of troops, and carrying out military transports within the established deadlines is an urgent issue.

*Keywords:* military transportation, railway transport, organization, heavy cargo, loading, planning.

УДК 656.615. (477)

О. В. ШКУРЕНКО<sup>1\*</sup>, М. Є. ПЕРЕПІЧКО<sup>2\*</sup>

<sup>1\*</sup>Кафедра «Бізнес-логістика та транспортні технології», Державний університет інфраструктури та технологій, вул. Кирилівська, 9, 04071, Київ, Україна, тел. +38 (044) 463-04-70, ел. пошта donduy@ukr.net, ORCID 0000-0002-0460-4800

<sup>2\*</sup>Кафедра «Експлуатація портів і технологія вантажних робіт», Одеський національний морський університет, вул. Мечнікова, 34, 65029, Одеса, Україна, тел. +38 (056) 373 15 04, ел. пошта samojlovskaaamaja@gmail.com, ORCID 0000-0001-5172-1498

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВАРІАНТІВ ТРАНСПОРТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИРОБНИЧОЇ ІНТЕГРАЦІЇ В СИСТЕМІ «ПОРТ-ІНДУСТРІАЛЬНИЙ ПАРК»

**Метою** статті є ідентифікації структури витрат за можливими варіантами транспортного забезпечення у системі «порт – індустріальний парк», як основи для подальшої оптимізації відповідних процесів транспортування. **Методика.** Для досягнення окресленої мети використано сукупність загальнонаукових та спеціальних методів пізнання, а саме: системного аналізу і синтезу, узагальнення для характеристики поточного стану та тенденцій подальшого розвитку системи «порт-індустріальний парк»; графо-аналітичні – для наочного подання і графічної інтерпретації статистичних даних. **Результати.** Міжнародні морські вантажоперевезення є одним з вигідних, надійних, безпечних та найпопулярніших перевезень великих партій вантажів усіх видів через те, що вони забезпечують високу енергоефективність, екологічність, ергономічність морського порту, оперативні перевалочні процедури, доступ в усі точки світу з наявністю портів тощо. Доведено, що індустріальний парк забезпечить розбудову сучасного виробничого комплексу в морському порту з розвинутою інженерно-транспортною інфраструктурою, складськими та адміністративними приміщеннями. На основі аналізу виокремлено основні напрямки щодо вирішення завдань транспортного забезпечення виробничої інтеграції системи «порт – індустріальний парк», а саме оптимізація транспортно-технологічної інфраструктури; ефективне використання портової інфраструктури; оптимізація транспортних витрат. Для ідентифікації структури витрат за можливими варіантами транспортного забезпечення у системі «порт – індустріальний парк» представлено у вигляді схеми можливі варіанти транспортно-технологічного оснащення системи «порт-індустріальний парк» та наведено для індустріального парку формулу розрахунку витрат на доставку одиниці вантажу. **Наукова новизна.** Авторами обґрунтовано доцільність створення та функціонування системи «порт-індустріальний парк», ідентифіковано структуру витрат за можливими варіантами транспортного забезпечення виробничої інтеграції в системі «порт-індустріальний парк». **Практична значимість.** Одержані результати можуть бути використані для підвищення ефективності управління мультимодальними вантажними перевезеннями.

*Ключові слова:* транспортне забезпечення, транспортно-технологічна та портова інфраструктура, вантажопотік, витрати, порт, індустріальний парк.

### Вступ

В сучасних динамічних умовах ключовим елементом соціально-економічного розвитку країни є транспортна галузь, яка забезпечує створення ВВП України і займає четверте місце, зокрема частка транспортних послуг складає близько 7 %. Значну роль у міжнародних взаємовідносинах між країнами відіграють мультимодальні перевезення, що забезпечують транспортно-логістичні операції з доставки продукту клієнтам. Міжнародні морські вантажоперевезення є одним з вигідних, надійних, безпечних та найпопулярніших перевезень великих партій вантажів усіх видів через те, що вони забезпечують високу енергоефективність, екологічність, ергономічність морського транспорту,

оперативні перевалочні процедури, доступ в усі точки світу з наявністю портів тощо.

Морські порти є складовою частиною транспортної і виробничої інфраструктури держави з огляду на їх розташування на напрямках міжнародних транспортних коридорів. Від ефективності функціонування морських портів, рівня їх технологічного та технічного оснащення, відповідності системи управління та розвитку інфраструктури сучасним міжнародним вимогам залежить конкурентоспроможність вітчизняного транспортного комплексу на світовому ринку [1].

З метою розвитку індустріального потенціалу Одещини, рівня зайнятості населення, активізації інноваційної діяльності, розвитку сучасної транспортної інфраструктури, концентрації

виробництва необхідним є функціонування індустріального парку у взаємодії з морським портом. Саме індустріальний парк забезпечить розбудову сучасного виробничого комплексу в морському порту з розвинутою інженерно-транспортною інфраструктурою, складськими та адміністративними приміщеннями.

### Мета

Мета статті полягає у ідентифікації структури витрат за можливими варіантами транспортного забезпечення у системі «порт – індустріальний парк», як основи для подальшої оптимізації відповідних процесів транспортування. Ця проблема розглядається за умови, що розташування індустріального парку визначено, тому транспортні витрати у відповідній системі залежать тільки від технологічних рішень та кількості вантажу.

### Аналіз останніх досліджень та публікацій

Науковій проблематиці щодо дослідження транспортного забезпечення, а саме транспортно-технологічної та портової інфраструктури присвятили свої наукові праці такі вчені, як: Махуренко Г.С., Чебанова Т.Е. [2], Онищенко С.П., Коскіна Ю.О. [3], Шемяев В.В. [4], Кириллова О.В. та інші [5].

Оптимізацію транспортних процесів у логістичних та виробничих системах з використанням морського транспорту розглядали Онищенко С.П. [6], Постан М.Я., Крук Ю.Ю. [7], Зинченко С.Г., Хлестова О.А., Хлопецкая Л.Ф. [8], Козаченко Д.М., Березовий М.І., Малашкін В.В., Боричева С. В. [9] та інші. Проте недостатньо висвітленими залишаються окремі питання транспортного забезпечення виробничої інтеграції в системі «порт-індустріальний парк».

### Основна частина

Світовий досвід демонструє, що індустріальні парки – це перевірений часом та міжнародним досвідом механізм індустріалізації економіки, модернізації промисловості шляхом впровадження підходів ресурсоефективності та циркулярної економіки, залучення інвестицій, збільшення зайнятості населення та забезпечення збалансованого регіонального та місцевого розвитку [10].

В системі «порт-індустріальний парк» транспортні потоки формуються головним чином за рахунок контейнерних перевезень, які є універсальним видом вантажних перевезень на будь-які відстані і призначені для переміщення великих обсягів вантажів, тому дослідимо їх

динаміку.

Вантажообіг морських портів України за 2021 рік склав 153 млн т вантажів. За оперативними даними ДП «АМПУ», за підсумками 2021 року портовими операторами в усіх морських портах України оброблено більше 153 млн т вантажів, що на 3,8 % менше показника 2020 року. За 2021 рік у порівнянні з 2020 роком портовими операторами у морських портах перевантажено експортних вантажів на 4 % менше, імпорту – на 1,5 % більше, транзиту – на 14,3 %, каботажних вантажів – менше на 2,4% (рис. 1).

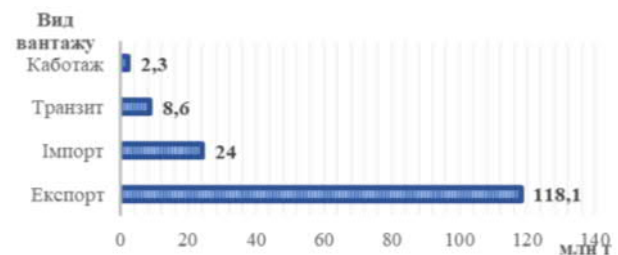


Рис. 1. Обсяг перевантажених вантажів у морських портах у 2021 році

Динаміка оброблених вантажів за видами свідчить про таке: найбільше у 2021 році порівняно з 2020 роком в портах оброблено зернових вантажів більше на 3,9% та руди на 14,8% менше. Перевалка нафтопродуктів зросла на 82%. Обсяг перевалки будівельних матеріалів за 2021 рік зріс на 69,2% .

Також за 2021 рік оброблено контейнерів 1021621 TEU, що на 2,6% менше, ніж за 2020 рік.

За підсумками 2021 року показники 5 портів перевищують обсяги перевалки 2020 року, зокрема Чорноморськ – на 7,3%, СМП Ольвія – на 31,6%, Ізмаїл – на 20,4%, Рені – на 74,3%, Усть-Дунайськ – в 2,6 разів. Портам Миколаїв, Одеса та Маріуполь майже вдалося досягти показників 2020 року [11].

Для характеристики транспортного забезпечення у системі «порт – індустріальний парк», як основи для подальшої оптимізації відповідних процесів транспортування, представимо на рис. 2 складові процесу транспортних перевезень в умовах виробничої інтеграції в системі «порт-індустріальний парк».

Під транспортним забезпеченням виробничої інтеграції в системі «порт-індустріальний парк» розуміється сукупність елементів, які знаходяться в тісній взаємодії порту та індустріального парку і складають єдину транспортну систему, що об'єднує операції щодо виробництва та обігу продукту.

Елементами транспортного забезпечення системи «порт-індустріальний парк» є

транспортно-технологічна та портова інфраструктура, зокрема, транспортно-технологічне обладнання, контейнерний термінал, склад стивдорної компанії, контейнерний майданчик індустріального парку та склади індустріального парку, автомобільний транспорт, залізничний транспорт, функції яких спрямовані на раціональну взаємодію та оптимальну роботу всієї

системи.

Проведений аналіз складу та взаємозв'язків етапів, факторів та завдань у системі транспортного забезпечення дозволяє виокремити основні напрямки щодо вирішення завдань транспортного забезпечення виробничої інтеграції системи «порт – індустріальний парк», що візуалізовано на рис. 3.

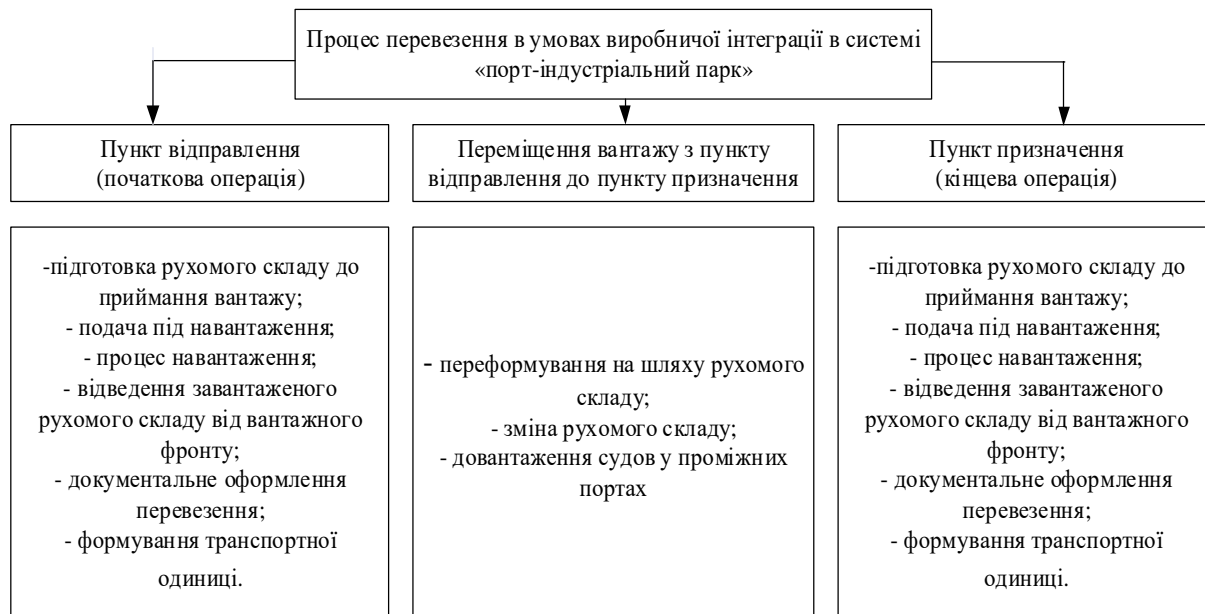


Рис.2. Складові процесу транспортних перевезень в умовах виробничої інтеграції в системі «порт-індустріальний парк»

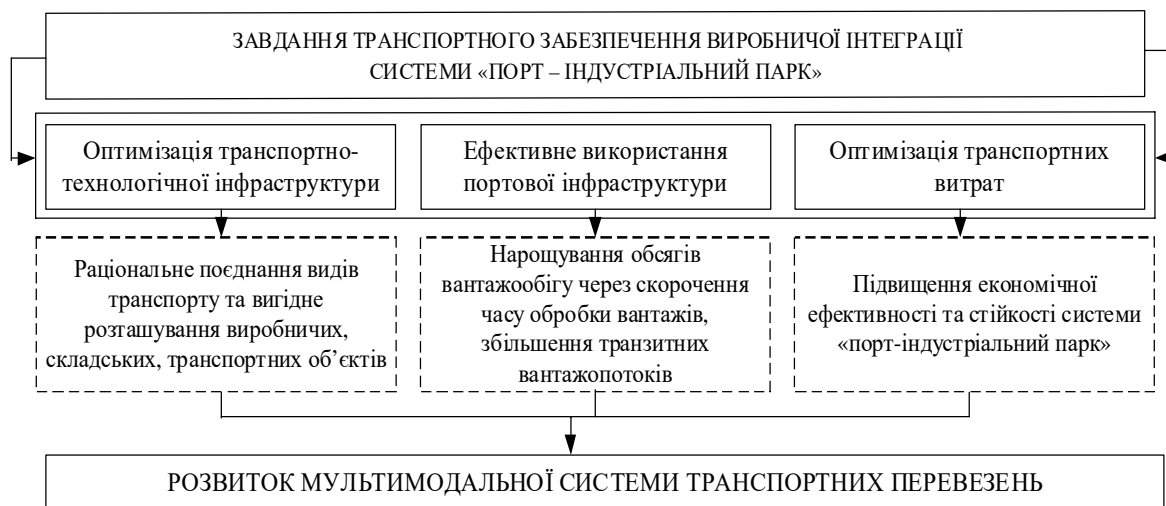


Рис.3. Завдання транспортного забезпечення виробничої інтеграції

Слід звернути увагу на те, що транспортування вантажів через систему «порт-індустріальний парк» є лише одним із складових транспортно-технологічного забезпечення виробничої інтеграції аналізованої системи. Принциповим є той факт, що морське транспортування здійснюється лише з використанням суміжних видів транспорту – автомобільного та залізничного, що передбачає

узгодження всіх зазначених складових, а не лише морської, для забезпечення необхідної ефективності функціонування системи «порт – індустріальний парк».

Для ідентифікації структури витрат за можливими варіантами транспортного забезпечення у системі «порт – індустріальний парк» розглянемо та представимо схематично (рис. 4)

можливі варіанти транспортно-технологічного оснащення системи «порт-індустріальний парк».

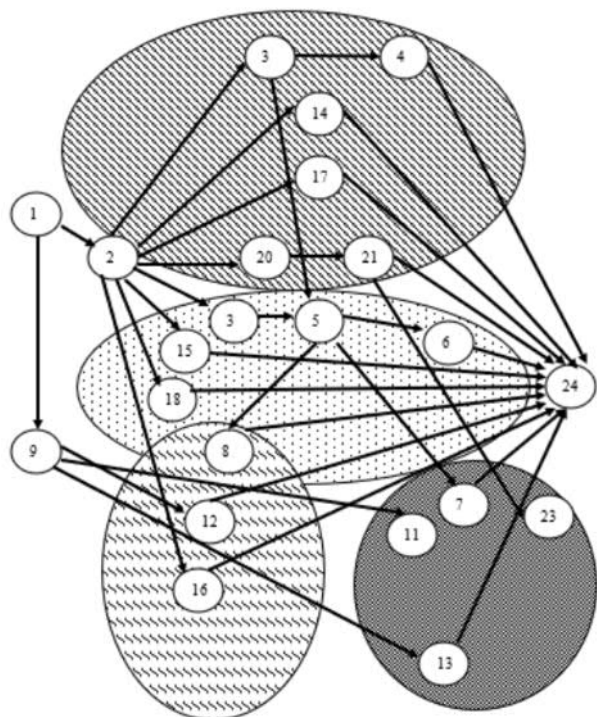


Рис. 4. Схема можливих варіантів транспортного забезпечення

На рис. 4 штрихуванням позначено області з різним транспортно-технологічним оснащенням в залежності від місця розташування індустріального парку, а саме від відстані між причалом (стивідорна компанія) та безпосередньо контейнерним майданчиком індустріального парку:

1) – зона транспортного забезпечення, де відстань між причалом (стивідорною компанією) та індустріальним парком (індустріальний парк на території порту) від 60 метрів до 100 метрів та використовується підйомно-транспортне обладнання стивідорної компанії;

2) – зона транспортного забезпечення, де відстань між причалом (стивідорною компанією) та індустріальним парком (територія порту) понад 100 м;

3) – зона транспортного забезпечення, де використовується підйомно-транспортне обладнання стивідорної компанії та автомобільний транспорт (індустріальний парк знаходиться на прилеглий до порту території);

4) – зона транспортного забезпечення, де використовується підйомно-транспортне обладнання стивідорної компанії та залізничний транспорт (індустріальний парк знаходиться на прилеглий до порту території).

Транспортно-технологічне забезпечення

пропонованої системи представлено транспортно-технологічними операціями, що побудовані у технологічний ланцюжок.

В залежності від місця розташування індустріального парку та обладнання, що використовується стивідорною компанією кожна транспортно-технологічна операція виконується у різних областях транспортно-технологічного оснащення. На рис. 4 цифрами позначено транспортно-технологічні операції, які більш детально представлено в табл. 1.

Таблиця 1

Транспортно-технологічні операції системи «порт-індустріальний парк»

Номер транспортно-технологічної операції	Характеристика транспортно-технологічної операції
1	2
1	переміщення контейнерів із судна на причал причальним перевантажувачем;
2	передача контейнерів із причалу термінальними тягачами до контейнерного терміналу;
3	переміщення контейнера річстакером на склад порту;
4	переміщення контейнера річстакером зі складу порту на контейнерний майданчик індустріального парку (відстань не більше 60 метрів);
5	переміщення контейнера термінальним тягачем та передача на річстакер зі складу порту;
6	переміщення контейнера річстакером на контейнерний майданчик індустріального парку (відстань понад 60 метрів);
7	переміщення контейнера зі складу порту річстакером на залізничний транспорт;
8	переміщення контейнера зі складу порту річстакером на автомобільний транспорт;
9	переміщення контейнера з причалу портальним навантажувачем до контейнерного терміналу порту;
10	переміщення контейнера портальним навантажувачем зі складу порту на контейнерний майданчик індустріального парку;
11	переміщення контейнера зі складу порту портальним навантажувачем на залізничний транспорт;
12	переміщення контейнера зі складу порту портальним навантажувачем на автомобільний транспорт;
13	передача контейнера портальним навантажувачем на рейковий козловий кран та навантаження його на залізничний транспорт;
14	передача контейнера термінальними тягачами до контейнерного терміналу та передача його на кран на пневматичному ході;
15	переміщення контейнера краном на пневматичному ході з подальшим навантаженням на термінальний тягач;
16	переміщення контейнера з крана на пневматичному ході на автомобільний транспорт;



Закінчення табл. 1

1	2
17	передача контейнера термінальними тягачами до контейнерного терміналу порту та передача на козловий кран на рейковому ході;
18	переміщення контейнера з крана на рейковому ході з навантаженням на термінальний тягач;
19	переміщення контейнера із крана на рейковому ході на автомобільний транспорт;
20	переміщення контейнерів із причалу до контейнерного терміналу автоматизованими транспортними навантажувачами;
21	передача контейнерів автоматизованими транспортними навантажувачами на козловий кран на рейковому ході;
22	передача контейнерів зі складу порту козловим краном на рейковому ході на автоматизовані транспортні навантажувачі та доставка на індустріальний парк;
23	переміщення контейнерів зі складу порту козловим краном на рейковому ході та передача на автоматизовані транспортні навантажувачі з наступним навантаженням на залізничний транспорт;
24	доставка контейнера безпосередньо до індустріального парку

Важливим економічним завданням вдосконалення організації управління транспортом є зниження собівартості перевезень, то-му виокремимо статті витрат за варіантами технологічних рішень.

Загалом, за кожним з альтернативних технологічних рішень, витрати на доставку одиниці вантажу ( $C_{iП}$ ) будуть визначатися з виразу для індустріального парку

$$C_{iП} = C_{СК} + C_{зал} (C_{авт}) + C_{вив\ iП} + C_{конт} + \Delta S_{вив} + \Delta S_{пит\ вар}$$

де  $C_{СК}$  – витрати на перевалку одиниці вантажу стивідорною компанією;

$C_{зал} (C_{авт})$  – витрати на перевезення залізничним чи автомобільним транспортом відповідно;

$C_{вив\ iП}$  – витрати, пов'язані з вивантаженням одиниці вантажу із залізничного чи автомобільного транспорту, на контейнерному майданчику індустріального парку;

$C_{конт}$  – витрати на утримання контейнерів;

$\Delta S_{вив}$  – зміна (втрата) вартості вантажу через незбережене перевезення;

$\Delta S_{пит\ вар}$  – зміна питомої вартості вантажної маси у дорозі.

Якщо розглядати взаємовідносини між стивідорною компанією та Морським торговельним

портом, то витрати у стивідорній компанії виникають в частині накопичення та навантаження вантажу на судно за відповідною технологічною схемою; транспортно-експедиторського обслуговування; оформлення документів на коносаментну партію експортного вантажу; зачищення складської площі за потреби; супроводження великогабаритних, великовагових та небезпечних вантажів.

Для прийняття оптимального рішення щодо застосування того чи іншого технологічного варіанту необхідно врахувати питому собівартість вантажних робіт за технологічними схемами та варіантами вантажоперевадки з наступним визначенням витрат порту. При розрахунку питомої собівартості вантажних робіт за технологічними схемами в системі «порт-індустріальний парк» необхідно визначити кількість контейнерів з вантажем для індустріального парку; кількість технологічних ліній; враховуючи схеми прямого та складського варіантів вантажоперевадки.

### Висновки

Отже, функціонування системи «порт-індустріальний парк» забезпечить залучення нових вантажопотоків, оптимальне використання транспортно-технологічної та портової інфраструктури, та скороченню витрат на перевезення. Складові процесу транспортних перевезень в умовах виробничої інтеграції в системі «порт-індустріальний парк» є основою для подальшої оптимізації відповідних процесів транспортування та характеризує транспортне забезпечення у системі «порт – індустріальний парк». Аналізуючи завдання транспортного забезпечення виробничої інтеграції системи «порт-індустріальний парк» виділено основні напрямки: оптимізація транспортно-технологічної інфраструктури, ефективне використання портової інфраструктури, оптимізація транспортних витрат. Тому ідентифікації структури витрат за можливими варіантами транспортного забезпечення у системі «порт – індустріальний парк», і є основою для подальшої оптимізації відповідних процесів транспортування.

### БІБЛЮГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Попель С.А., Неліпович О.В., Мотюк К.Д. Міжнародні морські вантажні перевезення: сучасний стан та перспективи участі в них України. Науковий вісник Ужгородського університету. 2013. С.200-204.
2. Махуренко Г.С., Чебанова Т. Е. О взаимодействию транспорта в морском порту. Развитие методов управления та господарювання на транспорті:

36. наук. праць. Вип. 2 (43). Одеса: ОНМУ, 2017. С.5-15.

3. Онищенко, С. П., Коскіна, Ю. О. Сутність, специфіка і формування систем доставки вантажів. Вісник Вінницького політехнічного інституту. № 3. 2019. С.86-95. <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2019-144-3-86-95>.

4. Шемаєв В.В. Теоретико-методологічні засади та пріоритети розвитку транспортної інфраструктури в системі економічної безпеки України: монографія. К.: НУОУ, 2018. 366 с.

5. Кириллова В.Ю., Кириллова О.В., Магамадов О.Р., Решетков Д.М., Пітерська В.М., Раскевич І.В., Корнієць Т.Є., Кічка О.І., Мурадян А.О. Транспортні системи і технології: проблеми функціонування і розвитку портів. Том 6: серія монографій. Одеса: КУПІСНКО СВ, 2021. 159 с. ISBN 978-617-7880-22-05. doi: 10.30888/2663-9858.2021-06.

6. Rusanova S., Onyshchenko S. Development of Transport and Technological Process Options' Concept for Goods Delivery with Participation of Maritime Transport. Technology audit and production reserves. 2020. 1 (2 (51)), 24–29. doi: <http://doi.org/10.15587/2312-8372.2020.198373>.

7. Постан М.Я., Крук Ю.Ю. Разработка и анализ динамической модели оптимизации взаимодействия транспортных потоков на портовом терминале. Восточно-Европейский Журнал Передовых Технологий.

2016. № 1/3 (79). С. 19-23. doi:10.15587/1729 – 4061.2016.61154.

8. Зинченко С. Г., Хлестова О.А., Хлопецкая Л.Ф. Моделирование на многокритериальной основе оценки факторов, обеспечивающих эффективную работу транспортных объектов морского порта. Вісник ПДТУ. Технічні науки. Маріуполь. Вип. 37, 2018. С. 209-216.

9. Козаченко Д.М., Березовий М.І., Малашкін В.В., Боричева С. В. Особливості розрахунку потрібної кількості колій зернових терміналів у морських портах у сучасних умовах. Транспортні системи та технології перевезень. Випуск 22. 2021. С.80-88.

10. Стратегія розвитку індустріальних парків на період до 2030 року. URL: <https://www.me.gov.ua/Documents/Detail?lang=uk-UA&iid=ab4e07c9-4fd1-4e35-91b3-fd1b7e5bc7a5&title=ProektRozporiadzhenniaKabinetuMinistrivUkrainiproSkhvalenniaStrategiiRozvitkuIndustrialnikhParkivNaPeriodDo2030-Roku->

11. Адміністрація морських портів України: офіційний сайт. URL: <https://www.uspa.gov.ua/news>.

Надійшла до редколегії 12.12.2022.

Прийнята до друку 24.12.2022.

O. SHKURENKO, M. PEREPICHKO

## STUDY OF OPTIONS FOR TRANSPORT PROVISION OF PRODUCTION INTEGRATION IN THE "PORT-INDUSTRIAL PARK" SYSTEM

**The purpose** of the article is to identify the structure of costs according to possible variants of transport provision in the "port - industrial park" system, as a basis for further optimization of the relevant transportation processes. **The Methodology.** To achieve the outlined goal, a set of general scientific and special methods of cognition were used, namely: system analysis and synthesis, generalization to characterize the current state and trends of further development of the "port-industrial park" system; graph-analytical - for visual presentation and graphical interpretation of statistical data. **The results.** International sea freight transportation is one of the profitable, reliable, safe and most popular transportation of large consignments of all types of cargo due to the fact that they provide high energy efficiency, environmental friendliness, ergonomics of sea transport, operational transshipment procedures, access to all parts of the world with the presence of ports, etc. It has been proven that the industrial park will ensure the development of a modern industrial complex in the seaport with developed engineering and transport infrastructure, warehouse and administrative premises. On the basis of the analysis, the main directions for solving the tasks of transport support for the industrial integration of the "port - industrial park" system are identified, namely, the optimization of the transport and technological infrastructure; efficient use of port infrastructure; optimization of transport costs. In order to identify the cost structure according to the possible variants of transport support in the "port - industrial park" system, the possible variants of the transport and technological equipment of the "port - industrial park" system are presented in the form of a diagram, and the formula for calculating the costs for the delivery of a unit of cargo is given for the industrial park. **Scientific novelty.** The authors substantiated the expediency of the creation and functioning of the "port-industrial park" system, identified the cost structure for possible transport options for industrial integration in the "port-industrial park" system. **Practical significance.** The obtained results can be used to increase the efficiency of multimodal freight transportation management.

*Keywords:* transport support, transport-technological and port infrastructure, cargo flow, costs, port, industrial park.

УДК 656.2

Д. М. КОЗАЧЕНКО<sup>1\*</sup>, М. П. БОЖКО<sup>2\*</sup>, М. І. БЕРЕЗОВИЙ<sup>3\*</sup>, В. В. МАЛАШКІН<sup>4\*</sup>

<sup>1\*</sup>Кафедра «Управління експлуатаційною роботою», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, 49010, г. Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 373 15 04, ел. пошта kozachenko@upp.diit.edu.ua, ORCID 0000-0003-2611-1350

<sup>2\*</sup>Кафедра «Транспортні вузли», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (050) 480-41-71, ел. пошта prbojko@gmail.com

<sup>3\*</sup>Кафедра «Транспортні вузли», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (056) 371 51 03, ел. пошта mykola\_berezovyi@diit.edu.ua, ORCID 0000-0001-6774-6737

<sup>4\*</sup>Кафедра «Транспортні вузли», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (068) 409-61-85, ел. пошта viacheslav.malashkin@gmail.com, ORCID 0000-0002-5650-1571

## АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ПОЛОЖЕННЯ ГРАНИЧНИХ СТОВПЧИКІВ

**Метою** дослідження є удосконалення методів розрахунку положення граничних стовпчиків на залізницях України. Для досягнення сформованої мети виконано всебічний аналіз існуючих методів визначення положення граничних стовпчиків з урахуванням багатоваріантності конструктивних особливостей з'єднання залізничних колій та дотриманням вимог безпеки руху. **Методика.** В процесі дослідження використані методи аналізу і синтезу для вивчення змісту та основних положень існуючих методик щодо визначення положення граничних стовпчиків на залізницях; методи аналітичної геометрії для опису положення граничного стовпчика відносно суміжних колій з урахуванням геометричних параметрів рухомого складу. **Результати.** В результаті виконаних досліджень отримані наступні висновки. В основі діючих методів визначення положення граничних стовпчиків лежать вимоги до параметрів розрахункового вагону, який не експлуатується на залізницях України, однак перерахунок положення ГС на існуючих коліях магістрального та промислового залізничного транспорту з використанням характеристик вагону, що замінить існуючий розрахунковий вагон у даний час є нецільним та неактуальним. Враховуючи багатоваріантність конструкцій з'єднання залізничних колій, універсального аналітичного рішення для визначення положення граничного стовпчика не існує. Нові підходи до визначення поширення габаритної відстані при розрахунку положення граничних стовпчиків в умовах автоматизованого проектування мають неточності, а також не враховують різноманітність конструктивних особливостей з'єднання залізничних колій. Результати виконаного аналізу є основою для продовження досліджень щодо удосконалення методів розрахунку положення граничних стовпчиків на залізницях України. **Наукова новизна.** Одержані результати дозволяють підвести наукове підґрунтя щодо недосконалості існуючих методів розрахунку положення граничних стовпчиків на залізницях України. **Практична значимість.** З практичної точки зору, результати аналізу створюють умови для виконання подальших досліджень щодо удосконалення наведених вище методів. Результатом досліджень повинна стати розробка універсального методу теоретично точного розрахунку положення граничного стовпчика чи інших об'єктів на залізничних коліях для будь-якої конструкції колійного розвитку. Використання цього методу в практиці проектування можливе шляхом розроблення програмного продукту для визначення положення граничного стовпчика, у т.ч. на коліях шириною 1435 мм, для випадків суміщення на одному земляному полотні колій шириною 1435 і 1520 мм та за умови використання розрахункових вагонів з будь-якими параметрами.

*Ключові слова:* граничний стовпчик, габаритна відстань, розрахунковий вагон, вісь вагону, план колії, поширення габаритної відстані, крива ділянка колії, радіус кривої, безпека руху.

### Вступ

Граничні стовпчики (ГС) являються важливими елементами залізничної інфраструктури, які показують межі колій, де може знаходитись рухомий склад не погрожуючи безпеці руху суміжними коліями. При цьому правилами встановлення світлофорів, що знаходяться у різних міжколійях з граничними стовпчиками, які обмежують дану колію, передбачена відстань від граничного стовпчика до світлофора, мінімальне значення якої становить 3,5 м [1, 2]. Вказана

відстань обумовлюється конструкцією розрахункового вагону, в якості якого прийнятий двовісний вагон [3]. У даний час такі вагони не експлуатуються на залізницях України, а у вагонів, що обертаються, торцевий вихід менший за 3,5 м.

Однак при реальному проектуванні між стиком хрестовини стрілочного перевалу та ізольованим стиком, у створі з яким встановлюється світлофор, передбачається вкладання, як правило, певного набору стандартних рубок рейок.

Це призводить до збільшення розрахункової відстані до світлофора і виникає певною мірою дискусійне питання вибору місця встановлення граничного стовпчика – на відстані 3,5 м від ізолюваного стику чи на розрахунковій відстані від центру стрілочного переводу.

Але на нашу думку, граничний стовпчик, як інфраструктурний елемент, відіграє важливу роль у забезпеченні безпеки руху і повинен встановлюватися в міжколійї на відстані 2,05 м від осі колії з урахуванням поширення габаритної відстані в кривих.

На коліях, не обладнаних електричною централізацією напільних пристроїв, граничний стовпчик являється єдиним елементом для визначення меж корисної довжини колій, а на коліях, що обладнані ЕЦ граничний стовпчик використовується тільки у випадку порушення нормальної роботи ЕЦ.

На залізницях світу використовуються інші позначення межі безпечного розташування на колії рухомого складу, які представлені в основному пофарбованими шпалами чи з розташованими на їх кінцях сигнальними лампами, розташованими в міжколійї горизонтальними або т-подібними знаками чи лампами, а також мітками на рейках [4]. Існує можливість порушення видимості цих позначень через забруднення, в нічний час, в умовах атмосферних опадів, тощо. Тому ми вважаємо, що найбільш вдалим позначенням є саме залізобетонний граничний стовпчик, встановлений на габаритній відстані від осі колії в міжколійї.

Інтеграція України в європейський простір вимагає вирішення питань інтероперабельності залізничних транспортних систем України та Європи. Напрямами узгодження параметрів залізничних систем є, зокрема, реконструкція існуючої чи будівництво нової залізничної інфраструктури на території України і введення в експлуатацію колій шириною 1435 мм. У зв'язку з цим актуальною є задача створення, на підставі аналізу існуючих, методу визначення положення граничних стовпчиків на коліях будь-якої конструкції та з будь-якими параметрами розрахункових вагонів.

### Мета та завдання дослідження

Метою дослідження є удосконалення методів розрахунку положення граничних стовпчиків на залізницях України. Для досягнення сформульованої мети поставлено завдання всебічного аналізу існуючих методів визначення положення граничних стовпчиків з урахуванням багатоваріантності конструктивних особливостей з'єднання

залізничних колій та дотриманням вимог безпеки руху.

### Результати дослідження

При проектуванні колійного розвитку залізничних станцій одним з питань є визначення положення граничних стовпчиків (ГС) і світлофорів. Для найбільш поширених випадків колійного розвитку (див. рис. 1 а) існують аналітичні вирази [1] і таблиці для визначення параметрів (відстань  $S_{ГС}$ , координат  $x_{ГС}$ ,  $y_{ГС}$ ) положення вказаних об'єктів. Аналітичні вирази існують також і для більш складної конструкції колійного розвитку (рис. 1 б), але вони не є універсальними для будь-яких випадків. В дійсності мають місце складні конструкції [5], наприклад на коліях сортувальних парків (рис. 1 в), для яких аналітичні вирази не існують, і розробляти їх для усіх можливих випадків не доцільно. У таких випадках застосовують інші методи, наприклад графічний, але вони є наближеними та вимагають значних часових витрат на реалізацію.

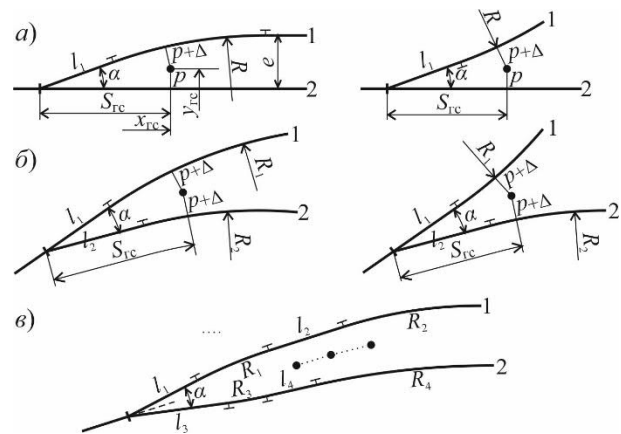


Рис. 1. Розрахункові схеми визначення положення граничних стовпчиків.

В розрахункових схемах (див. рис. 1) використовуються наступні технічні нормативи:

$p$  – потрібна відстань між об'єктом і віссю суміжної колії у прямій ділянці;

$\Delta$  – поширення габаритної відстані в зоні кривої ділянки колії з її зовнішнього або внутрішнього боку.

Для окремого об'єкта величина  $p$  визначається як

$$p = \frac{e_{\min}}{2},$$

де  $e_{\min}$  – мінімальна міжколійна відстань для розташування об'єкта поміж коліями.

Для граничного стовпчика при  $e_{\min} = 4,10$  м величина  $p = 2,05$  м, а поширення  $\Delta$  залежить

від радіусу кривої та положення ГС відносно плану колії.

В аналітичних розрахунках [1] закладається відстань  $(p + \Delta)$  від ГС по нормалі до осі колії в точці А (рис. 2 а). Але при цьому невідомо, де буде знаходитись ГС і неможливо точно визначити величину  $\Delta$ . Тому в розрахунках використовують наведені в [3] табличні значення  $\Delta$ , визначені за умови, коли база розрахункового вагона повністю розміщується в межах однієї кривої.

Крім того, відстань  $p$  теоретично потрібно відкласти по нормалі до осі вагона (див. рис. 2 б), положення якої також невідоме.

Таким чином, в розрахункову схему закладаються наперед найбільш сприятливі для безпеки руху умови: максимальні значення  $\Delta$  та рівність кутів вагона  $F_B$  і колії  $F_K$ . Отже, результат розрахунку положення ГС буде відповідати умовам безпеки, але теоретично точним не буде.

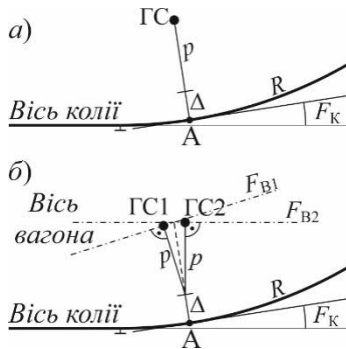


Рис. 2. Взаємне розташування ГС і колії

Таким чином, доцільним є розробка універсального методу теоретично точного розрахунку положення ГС (або інших об'єктів) на залізничних коліях для будь-якої конструкції колійного розвитку. Для рішення поставленої задачі ефективним інструментом є використання імітаційного моделювання на ЕОМ та сучасних засобів інформаційних технологій.

Вихідними даними для задачі визначення положення ГС є параметри колійного розвитку та технічні нормативи розташування об'єктів.

Колійний розвиток подається числовими моделями відповідних суміжних колій:  $M_1$  – колія №1 (верхня на рис. 1),  $M_2$  – колія №2 (нижня на рис. 1). Колійна модель  $M$  являє собою послідовну множину окремих елементів  $EL_i$  (прямих і кривих ділянок)  $M_j = (EL_i)_{i=1}^{n_j}$ , тут  $n_j$  – кількість елементів відповідної колії.

Кожен елемент подається структурою

$$EL = \{W, l, R, \varphi, x_{\text{п}}, y_{\text{п}}, F_{\text{п}}, x_{\text{к}}, y_{\text{к}}, F_{\text{к}}, x_0, y_0\}$$

з позначеннями, наведеними на рис. 3 і в табл. 1.

а) пряма ділянка ( $W=0$ ) б) крива ділянка ( $W=1$ )

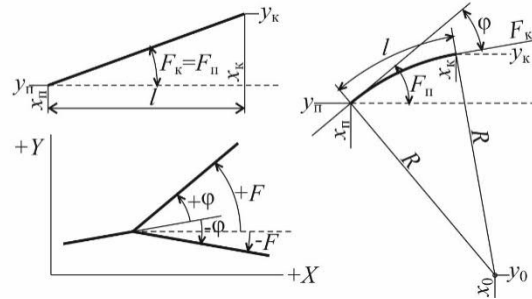


Рис. 3. Параметри елементів плану колії

Таблиця 1

Параметри елементів плану колії

Тип даних	Позначення	Найменування
Вихідні	$W$	Тип елемента, 0 – пряма ділянка, 1 – крива ділянка
	$x_{\text{п.1}}, y_{\text{п.1}}$	Абсциса і ордината початку першого елемента колії
	$F_{\text{п.1}}$	Абсолютний кут нахилу на початку першого елемента колії
	$l$	Довжина елемента (для прямої ділянки)
	$R$	Радіус кривої
	$\varphi$	Кут повороту кривої
Розрахункові	$x_{\text{п}}, y_{\text{п}}$	Абсциса і ордината початку елемента
	$F_{\text{п}}$	Абсолютний кут нахилу на початку елемента
	$x_{\text{к}}, y_{\text{к}}$	Абсциса і ордината кінця елемента
	$F_{\text{к}}$	Абсолютний кут нахилу в кінці елемента
	$x_0, y_0$	Абсциса і ордината центра дуги кривої

В процесі функціонування моделі на основі вихідних параметрів плану колій визначаються розрахункові параметри його елементів:

– прямої ділянки

$$\begin{aligned} F_{\text{к}} &= F_{\text{п}}; \\ x_{\text{к}} &= x_{\text{п}} + l \cos F_{\text{п}}; \\ y_{\text{к}} &= y_{\text{п}} + l \sin F_{\text{п}}; \end{aligned} \quad (1)$$

– кривої ділянки

$$\begin{aligned} F_{\text{к}} &= F_{\text{п}} + \varphi; \\ l &= |R \cdot \varphi|; \\ x_0 &= x_{\text{п}} - R \sin F_{\text{п}} \text{sign}(\varphi); \\ y_0 &= y_{\text{п}} + R \cos F_{\text{п}} \text{sign}(\varphi); \\ x_{\text{к}} &= x_0 + R \sin F_{\text{к}} \text{sign}(\varphi); \\ y_{\text{к}} &= y_0 - R \cos F_{\text{к}} \text{sign}(\varphi). \end{aligned} \quad (2)$$

Для розрахунків поширення габаритної відстані в зоні кривої ділянки згідно з [3] прийнято двовісний вагон, принципова схема якого з відповідними параметрами та числовими значеннями довжини  $L$ , бази  $B$  і торцевим виходом  $d$  наведена на рис. 4.

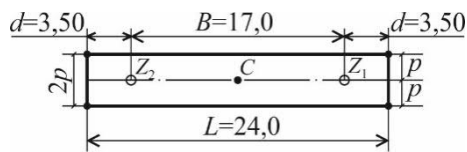


Рис. 4. Схема розрахункового вагона

Визначення величини поширення  $\Delta$  при конкретному положенні розрахункового вагона в деякій координаті  $S$  плану колії проблем не

викликає. Складніше визначити в даній координаті  $S$  найбільше зміщення, а також здійснити наступне врахування його для розрахунку положення ГС.

Для наочності на рис. 5 наведені результати розрахунків величин поширення в зоні стикування прямої і кривої (радіусом 200 м) ділянок.

В окремій точці осі  $X$  (відносно початку кривої) шляхом переміщення моделі вагона повз дану точку ділянкою  $x_{\Pi} \dots x_K$  визначені найбільші поширення у внутрішній бік кривої  $\Delta_{ВН}$  та зовнішній  $\Delta_{ЗВ}$  бік. Як видно з рис. 5, залежність  $\Delta=f(X)$  має складний характер, і використовувати числові значення в розрахунках  $S_{ГС}$  дуже складно.

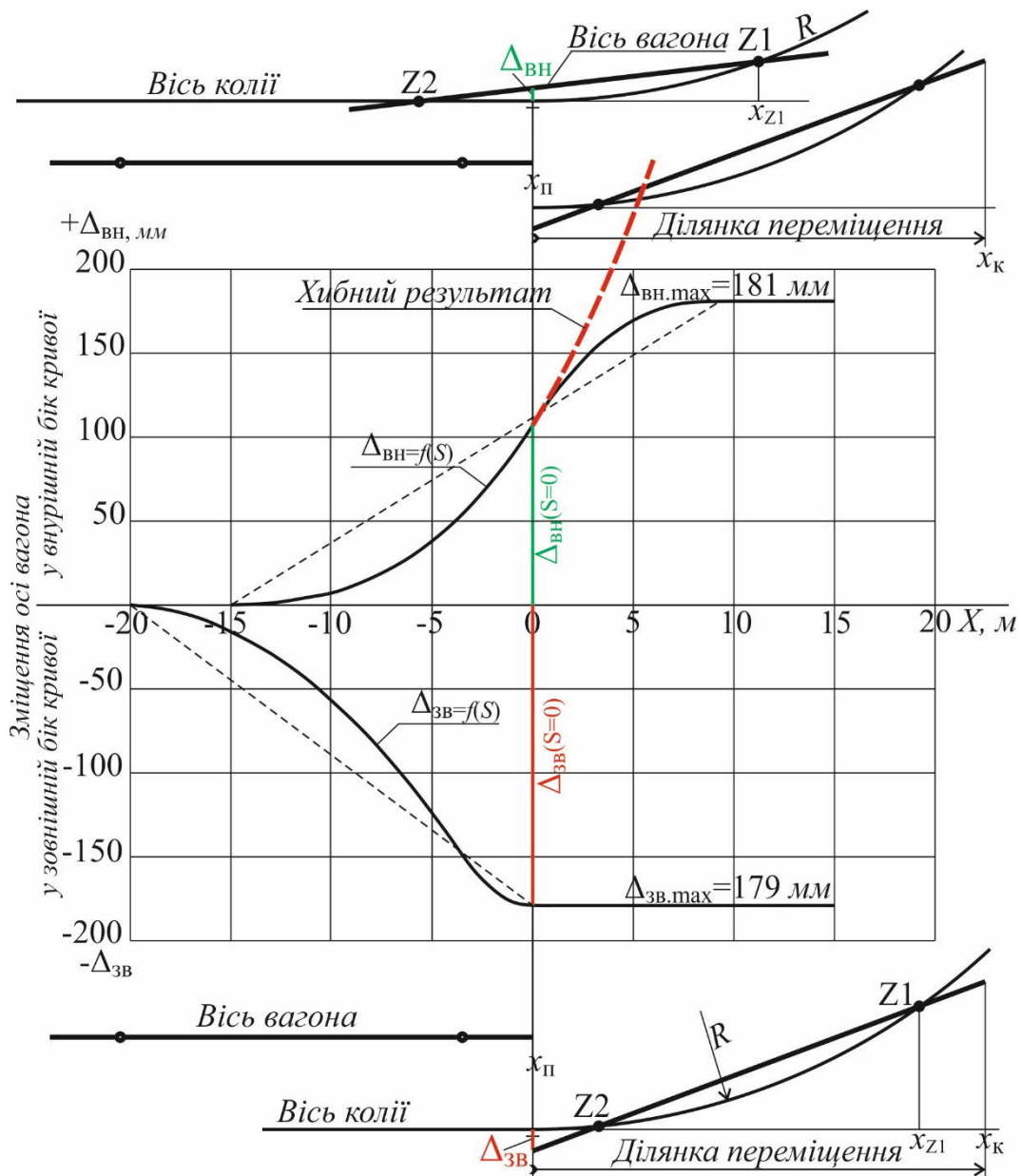


Рис. 5 Залежності величини поширення від координати колії

Інструкція [3] з метою підвищення точності розрахунків положення ГС, передбачає інтерполяцію величин  $\Delta$  залежно від відстані до початку кривої, що також має свої недоліки в плані точності результатів та ускладнення розрахунків.

Найбільш обґрунтований підхід до визначення величини  $\Delta$  наведено в роботі [6]. Теоретично виведені залежності максимальних  $h = \Delta_{\max.вн} = f(x)$  та мінімальних  $g = \Delta_{\min.зв} = f(x)$  відхилень в аналітичному вигляді, що забезпечує високу точність результатів розрахунку положення ГС.

Формалізація залежності величин  $h(x)$  і  $g(x)$  у аналітичному вигляді є дуже складною і може викликати певні неточності, які вплинуть на кінцевий результат. Так, у розрахунковій схемі роботи [6] величина  $h(x)$  представлена як нормаль до продовження осі прямої ділянки, а не до криволінійної. У цьому зв'язку, рекомендована формула  $h = \frac{2x^3}{27lR}$  буде мати вірний результат лише у межах  $0 < x < l$ , а у межах  $l < x < 1,5l$  – хибний (див. рис. 5), що потребує удосконалення представленої залежності.

Також слід відзначити, що у роботі [6] авторами представлено аналітичний опис лише для випадку двох суміжних елементів плану прямої і кривої ділянки (рис. 6, а) з довжиною кожної, що перевищує довжину вагона. Разом з тим для можливих конструкцій плану (див. рис. 6 б, в) та інших, які можуть мати місце в горловинах сортувальних парків, потрібно розробляти математичний опис, аналогічний наведеному в [6].

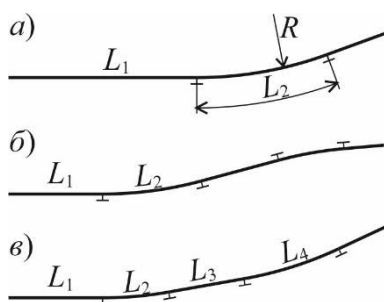


Рис. 6. Приклади можливих конструкцій колій.

Різноманітність конструкцій суміжних колій викликає складність розробки і застосування аналітичного опису у практичних розрахунках. З метою спрощення процесу формалізації та можливості застосування аналітичних виразів на практиці, доцільно використовувати метод імітаційного моделювання переміщення розрахункового вагона по суміжних коліях, що потребує

подальших досліджень та розробки відповідних алгоритмів і процедур.

### Наукова новизна та практична значимість

Одержані результати дозволяють підвести наукове підґрунтя щодо недосконалості існуючих методів розрахунку положення граничних стовпчиків на залізницях України. З практичної точки зору, результати аналізу створюють умови для виконання подальших досліджень щодо удосконалення наведених вище методів.

### Висновки

В результаті виконаних досліджень отримані наступні висновки.

1. В основі діючих методів визначення положення граничних стовпчиків лежать вимоги до параметрів розрахункового вагону, який не експлуатується на залізницях України, однак перерахунок положення ГС на існуючих коліях магістрального та промислового залізничного транспорту з використанням характеристик вагону, що замінить існуючий розрахунковий вагон вважаємо недоцільним та неактуальним.

2. Враховуючи багатоваріантність конструкцій з'єднання залізничних колій, універсального аналітичного рішення для визначення положення граничного стовпчика не існує.

3. Нові підходи до визначення поширення габаритної відстані при розрахунку положення граничних стовпчиків в умовах автоматизованого проектування мають неточності, а також не враховують різноманітність конструктивних особливостей з'єднання залізничних колій.

4. Результати виконаного аналізу є основою для продовження досліджень щодо удосконалення методів розрахунку положення граничних стовпчиків на залізницях України.

### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Проектирование железнодорожных станций и узлов [Текст]: справ. и метод. руководство / под ред. А. М. Козлова, К. Г. Гусевой. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Транспорт, 1981. – 592 с.
2. Проектування станційних колій. Роз'їзди, об'їзні пункти та проміжні станції: приклади та задачі: навч. посіб. для студентів ВНЗ / М. І. Березовий, М. П. Божко, В. В. Журавель, Є. Б. Демченко ; Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпро : Герда, 2017. – 196 с. – ISBN 978-617-7097-81-4.
3. Инструкция по применению габаритов приближения строений. ГОСТ 9238-83. ЦП/4425. – М.: Транспорт, 1988. – 144 с.
4. Продукція компанії ALDON (Track clearance markers) // ALDON Safety on Track Since 1904: офіц.

сайт. URL: <https://www.aldonco.com/store/p/808-Track-Clearance-Marker-Flush.aspx> (дата звернення: 27.11.2022)

5. Совершенствование конструкции и технологии работы сортировочных комплексов железнодорожных станций: Монография коллектива авторов / В. И. Бобровский, Д. Н. Козаченко, А. И. Колесник, Е. Б. Демченко, А. С. Дорош – Дн-вск: Изд-во Маковецкий, 2012. – 236с. – ISBN 978-966-1507-38-7

6. Бобровский, В. И. Автоматизация определения положения предельных столбиков и сигналов / В. И. Бобровский, Д. Н. Козаченко // Залізничний транспорт України. – 2004. – № 4. – С. 14–16.

Надійшла до редколегії 09.12.2022.

Прийнята до друку 18.12.2022.

D. KOZACHENKO, M. BOZHKO, M. BEREZOVYI, V. MALASHKIN

## ANALYSIS OF EXISTING METHODS FOR CALCULATING THE POSITION OF BOUNDARY COLUMNS

**The purpose** of the research is to improve the methods of calculating the position of limit posts on the railways of Ukraine. To achieve the established goal, a comprehensive analysis of the existing methods of determining the position of boundary posts was performed, taking into account the multivariate design features of the railway track connection and compliance with traffic safety requirements. **Methodology.** In the process of research, methods of analysis and synthesis were used to study the content and basic provisions of existing methods for determining the position of limit posts on railways; methods of analytical geometry to describe the position of the limit column relative to adjacent tracks, taking into account the geometric parameters of the rolling stock. **The results.** As a result of the conducted research, the following conclusions were obtained. The basis of the current methods of determining the position of the limit posts are the requirements for the parameters of the calculation car, which is not operated on the railways of Ukraine, however, the recalculation of the position of the boundary columns on the existing tracks of the main and industrial railway transport using the characteristics of the car that will replace the existing calculation car is currently impractical and irrelevant. Taking into account the multivariate constructions of the connection of railway tracks, there is no universal analytical solution for determining the position of the limit column. New approaches to determining the distribution of the overall distance when calculating the position of the limit posts in the conditions of automated design have inaccuracies, and also do not take into account the variety of structural features of the connection of railway tracks. The results of the performed analysis are the basis for continuing research on improving the methods of calculating the position of limit posts on the railways of Ukraine. **Scientific novelty.** The obtained results make it possible to summarize the scientific basis for the imperfection of the existing methods of calculating the position of the limit posts on the railways of Ukraine. **Practical significance.** From a practical point of view, the results of the analysis create conditions for further research on the improvement of the above methods. The result of the research should be the development of a universal method of theoretically accurate calculation of the position of the limit post or other objects on railway tracks for any design of track development. The use of this method in design practice is possible by developing a software product for determining the position of the boundary column, including on tracks with a width of 1435 mm, for cases where tracks with a width of 1435 and 1520 mm are combined on the same ground surface and under the condition of using calculated wagons with any parameters.

*Keywords:* limit column, overall distance, calculated wagon, axle of the wagon, track plan, spread of overall distance, curved section of the track, curve radius, traffic safety.



УДК 124.456.7 : 878.9

А. В. РАДКЕВИЧ<sup>1\*</sup>, М. А. АРБУЗОВ<sup>2\*</sup>, Є. В. АРБУЗОВА<sup>3\*</sup>

<sup>1\*</sup>Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 373-15-42, ел. пошта a.v.radkevich@ust.edu.ua

<sup>2\*</sup>Кафедра «Транспортна інфраструктура», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 373-15-42, ел. пошта 10max@ukr.net

<sup>3\*</sup>СП «Придніпровський центр діагностики», вул. Механічна, 22, 49022, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 34-04-93, ел. пошта rails1600@ukr.net

## ПРОГНОЗУВАННЯ РЕСУРСУ РОБОТИ РЕЙОК В РІЗНИХ УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЗАЛІЗНИЧНОЇ КОЛІЇ

В різних умовах експлуатації залізничної колії строк служби рейок відрізняється. Це вказує на те, що існують зовнішні фактори, які мають значний вплив на процес зношення рейок. В роботі проведено аналіз впливових факторів та визначено їх ступінь впливу в порівнянні між собою та в статистичній сукупності.

Для вивчення даної проблеми обрана найскладніша на регіональній філії «Львівська залізниця» ділянка колії Славсько-Лавочне-Бескид-Воловець. Здійснено збір та обробку статистичних даних, виконано обміри рейкової колії та виміри зносу рейки.

Процес бічного зношення рейки залежить від різних факторів, серед яких можна виділити ті, що являються однаковими для всієї кривої, і ті, що відмінні для різних перетинів кривої. Для всієї кривої однаковими є пропущений тонаж, радіус, встановлена швидкість, підвищення зовнішньої рейки, поздовжній ухил, тип рейок та скріплення. Ці параметри можна назвати глобальними для кривої, і знос, що від них залежить, глобальним. Вздовж кривої виникають локальні нерівності, тобто відхилення в плані, профілі, по шаблону та нахилу рейки в середину колії. Ці параметри можна назвати локальними для кривої, і знос, що від них залежить, локальним. Локальний знос носить додатковий характер. Сумарний боковий знос може проявлятися в більшій або меншій мірі залежно від зовнішніх умов: змащення, посипання рейок піском, надмірного впливу коліс, що враховується коефіцієнтом зовнішніх умов.

Так результати обмірів колії показують, що при появі на кривій ділянці горизонтальної нерівності, збільшується стріла вигину, і в таких місцях спостерігається збільшення бічного зношення. При збільшенні ширини колії в кривих понад встановлені норми спостерігається також збільшення величини зносу. Надмірне підвищення призводить до того, що колісна пара сповзає до внутрішньої рейки. При цьому більший круг катання опиняється не на зовнішньому колесі, а на внутрішньому. Вертикальна сила, що передається від колеса на рейку, також більша по внутрішній нитці. Це призводить до сковзання колеса по зовнішній нитці, що і збільшує бічне зношення рейки. Як показали вимірювання, при зростанні нахилу рейки з 1:20 до 1:10 збільшується величина бічного зношення. Використання лубрикативів, що змащують бічну поверхню голівки рейки, може збільшити строк її служби в 3 рази. Збільшення шорсткості поверхні рейки на 20 мкм призводить до зменшення зносостійкості на 20-25%. На основі отриманих емпіричних даних створено математичну модель бічного зносу голівки рейки від 16-ти параметрів.

На основі норм допустимого зносу рейок та створеної математичної моделі в роботі встановлено строк служби рейок залежно від кривизни колії. Прогнозування ресурсу рейок дозволяють впроваджувати ресурсозбереження на залізничному транспорті.

*Ключові слова:* прогнозування, ресурс, зношення рейки.

### Вступ

Для певних умов експлуатації процес зношення рейок може бути цілком передбачуваним. І ресурс рейок піддається плануванню. В нормативній літературі приводяться норми інтенсивності бічного зношення рейок. Так в Технічних вказівках по улаштуванню, укладанню, ремонту і утриманню безстикової колії на залізницях України (ЦП-0266) приведено оптимальну інтенсивність бокового зносу голівки рейки [1]. Слід відмітити, що оптимальна інтенсивність

бокового зносу голівки рейки – це найменша інтенсивність, яка не викликає внутрішні поздовжні тріщини.

Трапляються випадки, коли зношення рейок відбувається набагато швидше. Так з'явився вираз «наднормативна інтенсивність зношення», причини і розмір якого необхідно дослідити.

В дослідженні приймали участь ділянки колії Львівської залізниці, так як дана проблема найбільш проявилася при складному плані і профілю.

## Основна частина

Об'єкт дослідження – рейки, що експлуатуються у складних умовах.

Мета – спрогнозувати ресурс роботи рейок на ділянках залізничної колії з різними умовами експлуатації та розробити рекомендації щодо організації ресурсозаощадної експлуатації колії.

Процес бічного зношення рейки залежить від різних факторів, серед яких можна виділити ті, що являються однаковими для всієї кривої, і ті, що відмінні для різних перетинів кривої. Для всієї кривої однаковими є пропущений тонаж, радіус, встановлена швидкість, підвищення зовнішньої рейки, поздовжній ухил, тип рейок та скріплення. Ці параметри можна назвати глобальними для кривої, і знос, що від них залежить, глобальним  $z_2$ . Вздовж кривої виникають локальні нерівності, тобто відхилення в плані, профілі, по шаблону та нахилу рейки в середину колії. Ці параметри можна назвати локальними для кривої, і знос, що від них залежить, локальним  $z_n$ . Локальний знос носить додатковий характер. Сумарний боковий знос  $z$  може проявлятися в більшій або меншій мірі залежно від зовнішніх умов: змащення, посипання рейок піском, надмірного впливу коліс, що враховується коефіцієнтом зовнішніх умов  $K_{3y}$

$$z = (z_2 + z_n) K_{3y}. \quad (1)$$

Раніше авторами опубліковано результати дослідження перевізного процесу як фактору експлуатації залізничної колії [2], де показано, що процес глобального бічного зношення голівки рейки залежить від ряду експлуатаційних факторів:

$$z_2 = (100 \arctg(0,1T + 6) - 140,6) * (-5,76 \ln(R) + 49,49) * \frac{1}{38180} * (-0,13V + 22,01)(0,06h + 9,65) * \begin{cases} (0,29i + 11,51) \text{ підйом} \\ (-0,09i + 9,32) \text{ спуск} \end{cases} \quad (2)$$

де  $T$  – пропущений тонаж,  $R$  – радіус кривої ділянки колії,  $V$  – швидкість руху поїзда,  $h$  – підвищення зовнішньої рейки,  $i$  – поздовжній ухил ділянки колії.

Нерівності колії та відхилення від встановленого нахилу рейки мають локальний характер виникнення та відповідно впливу на знос рейок. Тому рейка по своїй довжині має нерівномірне зношення.

Проведемо аналіз впливу технічного стану колії на локальне зношення. В табл. 1 представлено результати обмірів ділянки колії перегону

Лавочне-Бескид 1629 пк9 з наднормативним бічним зносом рейок. Крива розбита на точки через 5 м за ходом кілометражу. Кривизна оцінювалася методом стріл при хорді довжиною 10 м. Нахил рейки всередину колії вимірювався спеціальним приладом.

Таблиця 1

Результати обмірів ділянки колії Лавочне-Бескид 1629 пк9 (непарна, СКД-65Б)

№ п/п	Стріла, мм	Шаблон, мм 1500+	Рівень, мм	Нахил	Знос, мм
1	47	42	45	1:14	2,1
2	53	42	54	1:15	1,6
3	44	45	50	1:18	2,2
4	45	48	48	1:16	2,4
5	53	45	44	1:13	3
6	47	44	52	1:18	2,5
7	53	43	50	1:18	3,1
8	46	44	48	1:12	4,3
9	54	44	50	1:10	4,2
10	50	43	46	1:13	4
11	51	45	48	1:18	3,1
12	50	45	58	1:18	4
13	51	48	54	1:23	3,4
14	47	44	56	1:24	3,5
15	56	47	48	1:16	4,1
16	46	47	58	1:17	3,4
17	50	42	64	1:18	3,7
18	50	44	51	1:18	4,5
19	49	44	44	1:19	3,5
20	50	40	52	1:19	3,5

З аналізу табл. 1 випливає, що на величину зношення впливає нахил, рівень, шаблон та коливання стріли вигину. Поперечний профіль зношеної рейки вказує на вплив коліс локомотивів та підрізаних гребенів коліс вагонів, так як кут нахилу зношеної бічної поверхні складає  $68^\circ$  по відношенню до підшви рейки. Якщо від кута нахилу гребеня колеса локомотива  $70^\circ$  відняти нахил рейки на шпалі  $2^\circ$ , то отримуємо рівно  $68^\circ$ .

Проведемо факторний аналіз по оцінці рівня впливовості кожного з розглянутих факторів. За довідковими матеріалами встановлено, що критичне значення критерію Фішера  $F_{кр}=3,24$ . Якщо розрахункове значення критерію Фішера більше за 3,24, то фактор впливає на досліджуваний процес.

В табл. 2 приведено результати розрахунку критерію Фішера для таких факторів впливу як нахил, рівень, шаблон та стріла вигину.

Таблиця 2

## Результати розрахунку критерію Фішера

	Фактор впливу			
	Стріла, $f$	Шаблон, $Ш$	Рівень, $У$	Нахил, $1/n$
F	57	54	57	46
%	27	25	27	22

Як видно з результатів розрахунку, всі значення критерію Фішера  $F$  більше за  $F_{кр}=3,24$ . Отже, всі фактори впливові. З рис. 1 видно, що нахил, рівень, шаблон та стріла вигину мають приблизно однаковий вплив.

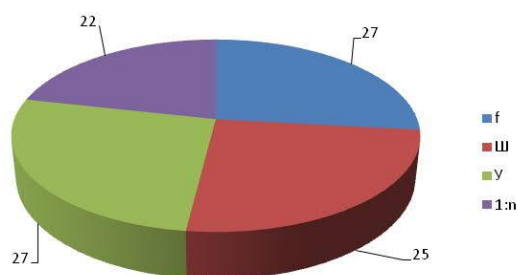


Рис. 1. Розподіл рівня впливу факторів у відсотках

Під час досліджень також були виконані обміри інших ділянок напрямку Славсько-Лавочне-Бескид, аналіз яких показує, що такі локальні фактори як нахил, рівень, шаблон та стріла вигину мають стійкий вплив на величину зношення. Так результати обмірів колії показують, що при появі на кривій ділянці горизонтальної нерівності, збільшується стріла вигину, і в таких місцях спостерігається збільшення бічного зношення. Цей висновок є логічним, так як збільшення стріли вказує на зменшення радіусу. І, як було встановлено, при зменшенні радіуса збільшується кут набігання гребеня колеса і бічне зношення рейки збільшується.

При збільшенні ширини колії в кривих понад встановлені норми спостерігається збільшення величини зносу. Це пояснюється тим, що встановлена норма ширини колії забезпечує вільне вписування, а при розширенні збільшується виляння вагону та збільшується кут набігання гребеня колеса. Це призводить до збільшення бічного зношення. Важливо відмітити, що при зменшенні ширини колії менше нормативної вписування коліс рухомого складу стане заклинилим, що також призводить до збільшення бічного зносу рейок.

Відхилення рівня в бік його збільшення по відношенню до встановленого підвищення зовнішньої рейки призводить до збільшення бічного зносу. Надмірне підвищення призводить до

того, що колісна пара сповзає до внутрішньої рейки. При цьому більший круг катання опиняється не на зовнішньому колесі, а на внутрішньому. Вертикальна сила, що передається від колеса на рейку, також більша по внутрішній нитці. Це призводить до сковзання колеса по зовнішній нитці, що і збільшує бічне зношення рейки.

Нахил рейки як і інші параметри значно впливає на величину бічного зношення. Але відхилення рихтовки, шаблону та рівня контролюється, а нахил має лише нормативне значення та допуски. Технічного засобу на залізницях сьогодні нажалі немає. Тому для проведення досліджень був розроблений та виготовлений спеціальний пристрій. Як показали вимірювання, при зростанні нахилу з 1:20 до 1:10 збільшується величина бічного зношення. Це пояснюється тим, що при зростанні нахилу рейки контакт колеса з рейкою стає двохточковим, ростуть контактні напруження і збільшується тим самим знос рейки. Важливо відмітити, що зношені колеса вагонів проходять спеціальне обточування, щоб уникати двохточкового контакту.

Отже, враховуючи отримані результати, можна записати рівняння, яке відображає вплив локальних факторів на величину зносу:

$$z_n = A \left( f - \frac{1000a^2}{8R} \right) + B(Ш - Ш_R) + C(h - h_{рек}) + D(20 - n) \quad (3)$$

де  $f$  – фактична стріла вигину, мм;  
 $a$  – хорда при якій визначена фактична стріла вигину, м;  
 $R$  – глобальний радіус кривої, мм;  
 $Ш_R$  – нормативна ширина колії, що відповідає радіусу кривої, мм;  
 $Ш$  – розширення колії, мм;  
 $h$  – фактичне підвищення зовнішньої рейки, мм;  
 $h_{рек}$  – встановлене підвищення зовнішньої рейки, мм;  
 $n$  – показник фактичного нахилу рейки, (якщо нахил 1:20, то  $n=20$ );

$A, B, C, D$  – коефіцієнти, що враховують рівень впливовості фактора і відповідно складають  $A=0,09$ ;  $B=0,10$ ;  $C=0,09$ ;  $D=0,11$ .

На перегоні Лавочне-Бескид 1629 пк9 по непарній колії було обладнано дослідну ділянку колії тензодатчиками та прогиномірами. Було виявлено зростання бокової сили у вагонів, що знаходяться перед локомотивом-штовхачем. Але перевищення допустимого значення не спостерігалось. Під час досліджень встановлено, що

під час руху вантажного поїзда колеса половини вагонів не скриплять, а колеса інших вагонів, що знаходяться перед штовхачем, скриплять. Це вказує на те, що вагони перед штовхачем чинять підвищений боковий вплив на колію.

Як показали спостереження під час досліджень на перегоні Лавочне-Бескид рухомий склад пересувається зі швидкістю 35 км/год. При цьому встановлена швидкість руху вантажних поїздів складає 60 км/год і під час розрахунків приймається як мінімальна вантажна. Тобто присутня недореалізація швидкості. Розрахунки показують, що при цьому скорочується строк служби рейок на 38%.

Крім того було виявлено деякі криві з недопідвищенням зовнішньої рейки. Так крива ділянка непарної колії перегону Лавочне-Бескид 1629 пк 7 має фактичне підвищення 30 мм, хоча проектне складає 70 мм. Розрахунки показують, що таке недопідвищення подовжує строк служби рейок на 35%.

Використання лубрикаторів, що змащують бічну поверхню голівки рейки може збільшити строк її служби в 3 рази. Але, якщо попадає пісок на бічну змащену поверхню, то утворюється абразивна маса, і строк служби зменшується в 1,7 раз.

Збільшення шорсткості поверхні рейки на 20 мкм призведе до зменшення зносостійкості на 20-25%. Оптимальне значення шорсткості в кривих  $R_z$  5-10 мкм, в прямих 35-50 мкм. Практично, шорсткість зношеної бічної поверхні може сягати значень 140 мкм [3]. Тобто при високих значеннях шорсткості рейки інтенсивність зношення збільшується в 2 рази.

Останніми роками з'являються пристрої лазерного загартовування поверхні кочення колеса. Через невисоку якість обточування та надмірне загартовування коліс утворюється абразивність колеса, що негативно відображається на рейках. Вимірювання твердості коліс показали, що твердість їх поверхні кочення сягає 420 НВ. Тоді як рейка має твердість 360 НВ.

Таким чином, враховуючи вище приведені фактори можна записати коефіцієнт зовнішніх умов роботи бічної поверхні голівки рейки

$$K_{zy} = \frac{0,01R_z}{k_{л\gamma\delta}} \cdot \frac{Y_B}{Y_B^m} \cdot \frac{HB_K}{HB_p} \quad (4)$$

де  $k_{л\gamma\delta}$  – коефіцієнт лубрикації, що вказує величину збільшення строку служби рейок при її використанні, визначається емпіричним шляхом для кожної конструкції змащувача та виду мастила, може прийматися від 1 до 3. При попаданні піску на змащену рейку  $k_{л\gamma\delta}=0,4-0,6$ . Навіть при

невикористанні змащення рейки мастилом у вологу, морозну пору року  $k_{л\gamma\delta}=1,1-1,2$ , а в суху, літню пору  $k_{л\gamma\delta}=1$ ;

$R_z$  – локальна шорсткість бічної поверхні рейки, мкм;

$Y_B$  – фактична бокова сила, що спричиняється впливом коліс рухомого складу;

$Y_B^m$  – табличне значення бокової сили, що визначається за довідником;

$HB_p$  – фактична твердість рейки;

$HB_K$  – фактична твердість колеса.

Як показують розрахунки вплив локальних факторів та зовнішніх умов роботи рейок може призводити до збільшення бокового зносу в 1,5-4 рази.

Інтенсивність зношення – це відношення фактичного зносу  $z$  до фактичного пропущеного тону  $T$ .

$$\gamma = \frac{z}{T} \quad (5)$$

За формулами (1)-(5) можна поррахувати середні значення інтенсивності зношення бічної поверхні голівки рейки в залежності від умов експлуатації  $\bar{\gamma}$ . Тоді максимальні значення інтенсивності зношення бічної поверхні рейки з врахуванням конструкції колії та середньоквадратичного відхилення, тобто нормативні значення будуть визначатися за формулою

$$\gamma_{\max} = \bar{\gamma} P C k_{\sigma} \quad (6)$$

де  $\bar{\gamma}$  – середнє значення інтенсивності зношення бічної поверхні голівки рейки;

$P$  – коефіцієнт, що залежить від виробника рейок: 1 (А, Ч), 0,95 (Т), 0,85 (К), 0,8 (Ісп), 0,65 (Фр);

$C$  – коефіцієнт, що залежить від типу скріплення: 0,95 (Д0, СКД 65Дм), 1 (СКД 65Д), 1,15 (КПП-5), 1,2 (КБ-65, СКД-65Б);

$k_{\sigma}$  – коефіцієнт, що приводить до верхньої межі через середньоквадратичне відхилення  $+3\sigma$ , для практичних розрахунків  $k_{\sigma}=1,6$ .

Перевищення максимальних значень  $\gamma_{\max}$  вказує на те, що крива має понаднормативну інтенсивність зношення і потребує прийняття організаційних, або технічних заходів.

Сукупність формул (1)-(6) відображає емпіричну математичну модель бічного зносу голівки рейки від 16-ти параметрів, що побудована на експлуатаційних даних.

Кожен параметр може приймати значення від мінімальної до максимальної величини. Проведемо математичну оцінку рівня впливу кожного параметра на бічний знос рейки при коливаннях значень параметру від найменшого до

найбільшого, та визначимо відсоток такого впливу по відношенню до сумарного впливу всіх параметрів. Результати розрахунків впливовості факторів показано на рис. 2 у відсотках.

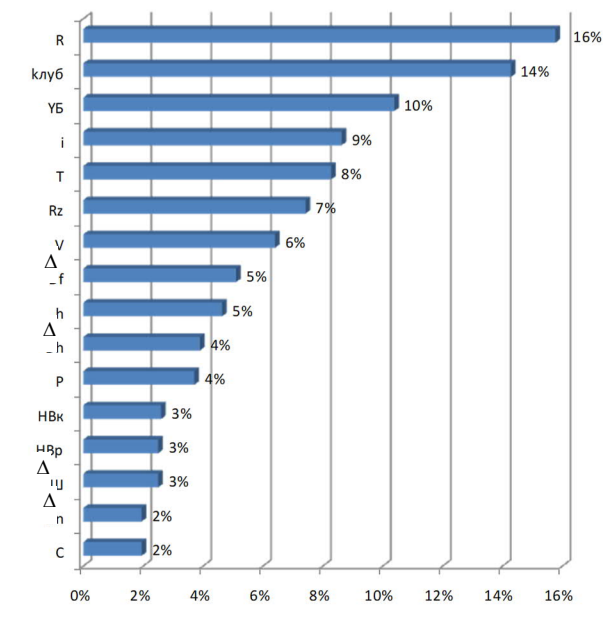


Рис. 2. Рівень впливу параметрів на бічне зношення рейки

Як видно з діаграми (рис. 2), величина бічного зносу рейки в першу чергу визначається кривизною ділянки. Найбільш ефективний в боротьбі з високою інтенсивністю зношення бічної поверхні голівки рейки є лубрикація.

З діаграми (рис. 2) видно, що наступними впливовими факторами є надмірна бічна сила, що передається від колеса на рейку, поздовжній ухил та швидкість руху поїзда. Вагомою причиною інтенсивного зношення бічної поверхні рейок є небагатоприємні умови зчеплення коліс з рейками: в гірській місцевості, на затяжних та крутих підйомах, при великій кількості кривих малого радіуса і великих вагових нормах поїздів. Використання штовхачів на підйомах, та рекуперативного гальмування на спусках призведе до положення вагонів «ялинкою» і, як результат, до збільшення бокової сили та збільшення інтенсивності бічного зношення рейок. Зниження швидкості руху до 25...35 км/год заставляє колеса боксовати, і відповідно, подавати пісок в зону зчеплення колеса з рейкою. Також при недореалізації швидкості відбувається просковзування по зовнішній рейковій нитці, що і збільшує зношення рейки.

Вагомим фактором у процесі зношення є шорсткість поверхні. Використання рейкошліфувальних поїздів могло б значно подовжити строк експлуатації рейок. Шліфування не тільки

забезпечує необхідну шорсткість, а й формує необхідний профіль, що в комплексі знижує кількість появи дефектів та інтенсивність зношення.

Інші дев'ять факторів також мають впливовість. І хоча вони по окремоті не такі впливові як вищезазначені, сумарна їх дія значно перевищує самий впливовий фактор. Ці дев'ять факторів відображають конструкцію колії, параметри її улаштування та утримання. Серед них виділяються в першу чергу підвищення зовнішньої рейки, рихтовка колії та завод-виробник рейок.

Для кривих ділянок колії, що працюють в перевальних умовах, необхідно розробити окремі вимоги щодо улаштування та експлуатації колії. Важливо розрахунок підвищення зовнішньої рейки проводити з урахуванням фактичних швидкостей руху поїздів. Необхідно для таких ділянок передбачити непогашені прискорення пасажирських поїздів  $1 \text{ м/с}^2$ , або мінімально допустиму швидкість руху вантажних поїздів.

Високу зносостійкість показали французькі рейки BS SC 16 60E1 та рейки типу Р65 ПрАТ «МК Азовсталь» з підвищеною твердістю. Такі рейки необхідно вкладати в ділянки колії з інтенсивним бічним зношенням, але обов'язково після оцінки економічної доцільності. Рейки покращеної якості можуть мати таке здороження, що їх застосування буде не доцільне.

Забезпечення стабільності ширини колії, стабільності нахилу рейки та забезпечення необхідної пружності досягається використанням проміжного скріплення, що спроможне надійно працювати у важких умовах. Як показали огляди складних ділянок колії напрямку Славсько-Лавочне-Бескид, найкраще працює скріплення типу КПП-5К.

Твердість коліс рухомого складу знаходить своє відображення на голівці рейки, і, як показують вимірювання, біля 20% коліс мають твердість більшу за твердість рейки. Тому є необхідність ініціювати нормування та контроль твердості колеса на його поверхні кочення.

Використання рейко-шліфувальних поїздів та зменшення вагової норми поїздів могло б значно подовжити строк експлуатації рейок.

Мінімальний строк служби рейок (в роках) по критерію бічного зношення буде визначатися за формулою

$$t_{сл} = \frac{z_{доп}}{B \cdot \gamma_{max}} \quad (7)$$

де  $z_{доп}$  – допустимий бічний знос рейки;

$B$  – вантажонапруженість ділянки колії;

$\gamma_{max}$  – максимальна інтенсивність зношення.

Середній строк служби рейок (в млн. т

брутто) по критерію бічного зношення буде визначатися за формулою

$$T_{сер} = \frac{z_{доп}}{\bar{\gamma}PC}. \quad (8)$$

Як відомо, в кривих переважає бічний знос голівки рейки, а в прямих – вертикальний. Тому встановлено норми максимально допустимого зносу бічного, вертикального, і приведенного (сума вертикального та половини бічного).

За проф. Даніленко Е. І. вертикальний знос

$z_{верт}$  залежить від пропущеного тону  $T$ , і описується залежністю [4]

$$z_{верт} = a\sqrt{T} + bT \quad (9)$$

де  $a$  та  $b$  – коефіцієнти, що відповідають за зминання та стирання металу рейки і залежать від експлуатаційних умов. Практичні розрахунки показують, що для найпоширеніших умов можна прийняти значення коефіцієнтів  $a=0,2$ , та  $b=0,0019$ .

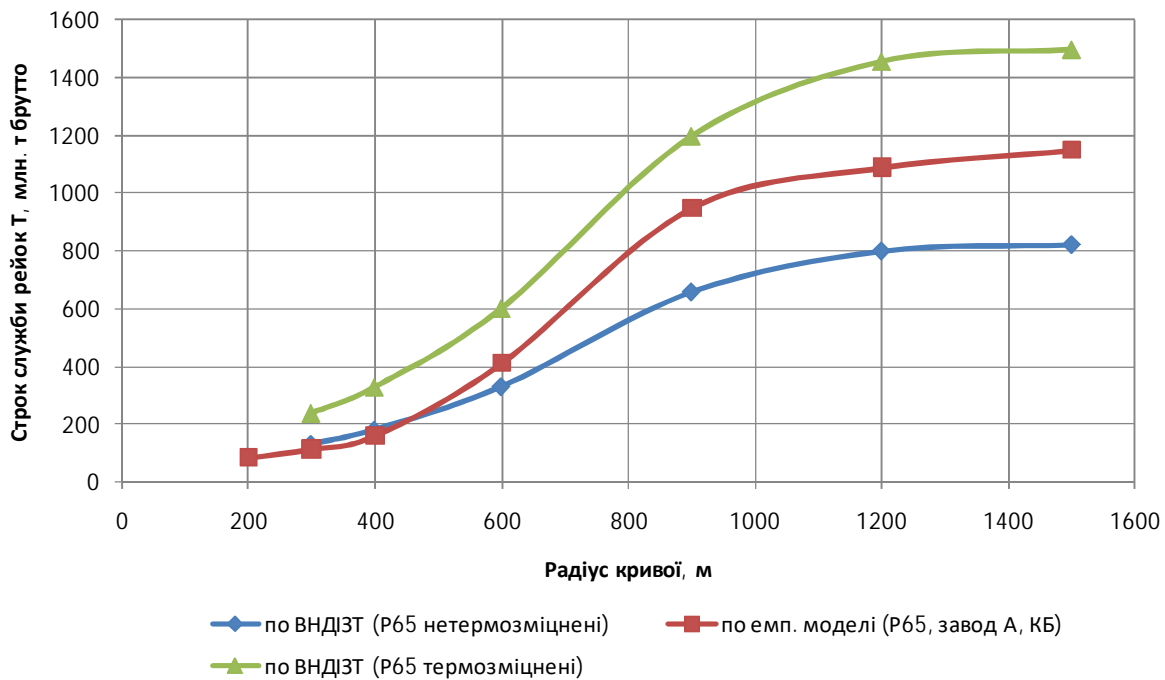


Рис. 3. Строк служби рейок за зносом залежно від радіуса кривої

В залежності від радіуса кривої строк служби рейок буде визначатись одним з трьох видів допустимого зносу. Отже, за формулою (8) можна побудувати графік (рис. 3) середнього строку служби сучасних найпоширеніших рейок (типу Р65, виготовлених металургійним комбінатом «Азовсталь», що вкладені на залізобетонні шпали зі скріпленням типу КБ) та порівняти із середніми значеннями строку служби термозміцнених та нетермозміцнених рейок за дослідженнями ВНДІЗТ в 1960-х роках [4].

### Наукова новизна та практична значимість

На основі результатів обмірів колії та обробки статистичних даних вперше встановлено математичну залежність бічного зношення голівки рейки від 16-ти параметрів, що дало можливість виконати співставлення рівня впливовості розглянутих параметрів. На величину бічного зносу рейки найбільш негативно впливають радіус кривизни ділянки та несправний стан візків

рухомого складу. Найбільш ефективним способом боротьби зі зношенням рейок є змащення контакту колеса та рейки.

Визначено основні напрямки розвитку ресурсозберігаючих технологій експлуатації рейок та надані відповідні рекомендації для ділянок колії з важкими умовами.

В ході досліджень встановлено строк служби сучасних рейок за зносом в залежності від радіуса кривої, як найбільш впливового фактора.

### Висновки

Таким чином, сучасні поверхнево загартовані рейки «Азовсталь» характеризуються невисокою зносостійкістю. До радіуса 800 м відбувається інтенсивне зношення бічної поверхні голівки, і рейки вилучаються по досягненню допустимого бічного зносу. В кривих більшого радіуса рейки вилучаються по досягненню допустимого приведенного зносу. В прямих та кривих великих радіусів рейки вилучаються по

досягненню допустимого вертикального зносу.

Особливим на рис. 3 є те, що графіки мають пологі та круту ділянки. Це пов'язано з різною динамікою та геометрією взаємодії колії та рухомого складу в кривих. Так виділяються діапазони кривих: 450 м і менше, від 450 до 850 м, 850 м і більше. Діапазон 450 м і менше часто в галузевій літературі називається кривими малого радіуса. Визначення «малий» радіус відсутнє. З точки зору зношення, малим радіусом можна назвати такий радіус кривої, який відповідає двом умовам:

1) рейки вилучаються по причині досягнення граничного бічного зносу;

2) збільшення радіуса на 10 м викликає збільшення строку служби рейки не більше, ніж на 4 млн. т бруто.

Слід відмітити, що збільшення строку служби рейки на 4 млн. т бруто при збільшенні радіуса на 10 м – це найменше значення, і воно практично не змінюється до 450 м включно. При радіусах більше 450 м його приріст на 10 м викликає збільшення строку служби рейки на 5 млн. т бруто і більше. По іншому говорячи, криві малого радіусу, це такі криві, в яких зміна радіусу має мінімальний ефект на строк служби рейки.

Таким чином, в прийнятті рішень, щодо ресурсозбереження рейок та при розробці заходів зменшення інтенсивності бічного зношення рейки та подовження строку служби необхідно

враховувати встановлений рівень впливовості факторів зношення, що дає можливість прогнозувати ефективність заходів. В галузевих стандартах необхідно встановити єдині правила розрахунку інтенсивності зношення та межі нормативної та наднормативної інтенсивності бічного зношення голівки рейки відповідно до розробленої методики.

#### БІБЛЮГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Технічні вказівки по улаштуванню, укладанню, ремонту і утриманню безстикової колії на залізницях України [Текст] : ЦП-0266; затв. Наказом 3 033-Ц від 01.02.2012.- К., 2012.- 150 с.

2. Арбузов М. А., Арбузова Є. В. Дослідження перевізного процесу як фактору експлуатації залізничної колії. Транспортні системи та технології перевезень / Збірник наукових праць ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна.- Дніпро, 2020. – Вип. 20. С. 60-65

3. Матафонов А.В., Пыко А.Н., Ильиных А.С. Технологическое обеспечение качества поверхности рельсов при шлифовании в условиях железнодорожного пути. Вестник Южно-Уральского государственного университета. Машиностроение. 2015.

4. Даніленко Е. І. Залізнична колія. / Улаштування, проектування і розрахунки, взаємодія з рухомих складом / Підручник для вищих навчальних закладів (у 2-х томах). Київ, Інпрес, 2010. – Том 2- 456 с.

Надійшла до редколегії 17.10.2022.

Прийнята до друку 27.10.2022.

A. RADKEYUCH, M. ARBUZOV, E. ARBUZOVA

### FORECASTING THE WORK RESOURCE OF THE RAILS IN DIFFERENT CONDITIONS OF OPERATION OF THE RAILWAY TRACK

In different operating conditions of the railway track, the service life of the rails is different. This indicates that there are external factors that have a significant impact on the process of rail wear. In the work, the analysis of influential factors was carried out and their degree of influence was determined in comparison with each other and in the statistical population.

To study this problem, the most difficult section of the Slavsko-Lavochne-Beskid-Volovets track on the regional branch of Lviv Railway was chosen. The collection and processing of statistical data was carried out, measurements of the rail track and measurements of rail wear were carried out.

The process of lateral wear of the rail depends on various factors, among which it is possible to single out those that are the same for the entire curve, and those that are different for different intersections of the curve. For the entire curve, the tonnage passed, the radius, the set speed, the rise of the outer rail, the longitudinal slope, the type of rails and the binding are the same. These parameters can be called global for the curve, and the wear that depends on them is global. Along the curve, there are local irregularities, that is, deviations in the plan, profile, pattern and inclination of the rail in the middle of the track. These parameters can be called local for the curve, and the wear that depends on them is local. Local wear is additional. The total side wear can be manifested to a greater or lesser extent depending on external conditions: lubrication, sanding of rails, excessive impact of wheels, which is taken into account by the coefficient of external conditions.

The results of track measurements show that when a horizontal unevenness appears on a curved section, the bending radius increases, and in such places, there is an increase in lateral wear. When the width of the track in the curves exceeds the established norms, there is also an increase in the amount of wear. Over-inflating causes the wheelset to slide to the inner rail. At the same time, the larger rolling circle is not on the outer wheel, but on the inner one. The

vertical force transmitted from the wheel to the rail is also greater along the inner thread. This leads to slipping of the wheel on the outer thread, which increases the lateral wear of the rail. As the measurements showed, when the slope of the rail increases from 1:20 to 1:10, the amount of lateral wear increases. The use of lubricators that lubricate the side surface of the rail head can increase its service life by 3 times. An increase in the surface roughness of the rail by 20  $\mu\text{m}$  leads to a decrease in wear resistance by 20-25%. Based on the received empirical data, a mathematical model of lateral wear of the rail head based on 16 parameters was created.

Based on the norms of permissible wear of the rails and the created mathematical model, the service life of the rails is determined in the work depending on the curvature of the track. Forecasting the resource of rails allows to implement resource-saving in railway transport.

*Keywords:* forecasting, resource, rail wear.



Для нотаток

Наукове видання

## **З Б І Р Н И К**

**наукових праць**

**Дніпровського національного університету залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна**

**«ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ»**

*Випуск 24*

*(українською та англійською мовами)*

*Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації  
КВ № 17328-6098Р від 14.10.2010 р. видане Міністерством юстиції України*

Відповідальний за випуск *М. І. Березовий*  
Комп'ютерне верстання *В. В. Малашкін*

*Статті в збірнику друкуються в авторській редакції*

Формат 60x84<sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Ум. друк. арк. 10,40. Тираж 100 пр. Зам. № \_\_\_\_\_

Віддруковано у видавництві Українського державного університету науки і технологій  
вул. Лазаряна, 2, кім. 1201, м. Дніпро, 49010, Україна

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 1315 від 31.03.2003.

*Адреса редакції та видавця:*  
вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, 49010, Україна  
Тел.: +38 (056) 793-19-13, e-mail: n.berezovy@gmail.com  
<http://tstt.diit.edu.ua>