



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ



СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

**ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**  
**I-ї ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**  
**«ТРАНСПОРТ: НАУКА ТА ПРАКТИКА»**

27 травня 2022 р.



Україна, Сєвєродонецьк – Дніпро - Кам'янець-Подільський

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Збірник наукових праць за матеріалами I-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції «Транспорт: наука та практика», Сєвєродонецьк – Дніпро - Кам'янець-Подільський, 27 травня 2022 р: збірник наукових праць / Міністерство освіти і науки, Вид-во Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля – Сєвєродонецьк, СНУ ім. В.Даля, 2022. - 160 с.

У збірнику представлені матеріали доповідей I-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції «Транспорт: наука та практика», Сєвєродонецьк – Дніпро - Кам'янець-Подільський, у сфері транспортних технологій, технології виробництва транспортних засобів, перевізного процесу і управління на транспорті, проблем різних видів транспорту, автоматизації та інформаційних технологій в логістичних і транспортних системах, стану, проблем та перспектив розвитку інфраструктури транспортних систем.

Роботи друкуються в авторській редакції. Редакційна колегія не несе відповідальність за достовірність інформації, що наведена в роботах, і залишає за собою право не погоджуватися з думками авторів на розглянуті питання.

## ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

### Співголови

<b>Поркуян О.В.</b>	д.т.н., проф., ректор, Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, Сєверодонецьк, Україна
<b>Марченко Д.М.</b>	д.т.н., проф., перший проректор, Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, Сєверодонецьк, Україна
<b>Кузьменко С.В.</b>	к.т.н., доц., декан факультету транспорту і будівництва, Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, Сєверодонецьк, Україна
<b>Климаш А.О.</b>	к.т.н., доц., завідувач кафедри залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин, Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, Сєверодонецьк, Україна

### Науковий комітет

<b>Wojciech Batko</b>	Prof., AGH University of Science and Technology, Krakow, Republic of Poland
<b>Pavel Cesnek</b>	Ing., Managing Director kompany ZDAS, a.s., Prague, Czech Republic
<b>Pavel Kučera</b>	Ing., Ph.D.-researcher, Brno University of Technoogy, Brno, Czech Republic
<b>Juraj Gerlici</b>	Prof., Dr. Ing., University of Žilina, Slovakia
<b>Kravchenko K.</b>	Ph.D., University of Žilina, Slovakia
<b>Tamaz Natriashvili</b>	Prof., Dr., Rafiel Dvali Machinery Mechanics Institute, Tbilisi, Georgia
<b>Vaclav Pistek</b>	Prof., Ing., Institute of Automotive Engineering, Brno University of Technology, Brno, Czech Republic
<b>Gintautas Bureika</b>	Prof., Dr., Vilnius Gediminas Technical University, Vilnius, Lithuania
<b>Дьомін Ю.В.</b>	д.т.н., проф., Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, Сєверодонецьк, Україна
<b>Кічкіна О.І.</b>	к.т.н., доц., Одеський національний морський університет, Одеса, Україна
<b>Ковтанець М.В.</b>	к.т.н., доц., Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, Сєверодонецьк, Україна
<b>Кравченко О.П.</b>	д.т.н., проф., Житомирський державний технологічний університет, Житомир, Україна

<b>Кириллова О.В.</b>	д.т.н., проф., Одеський національний морський університет, Одеса, Україна
<b>Мироненко В.К.</b>	д.т.н., проф., Державний університет інфраструктури та технологій, Київ, Україна
<b>Могила В.І.</b>	к.т.н., проф., Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, Сєверодонецьк, Україна
<b>Мороз М.М.</b>	д.т.н., проф., Кременчуцький національний університет ім. М. Остроградського, Кременчук, Україна
<b>Ноженко В.С.</b>	к.т.н., проректор з навчальної роботи, Таврійський національний університет ім. В. Вернадського
<b>Онищенко С.П.</b>	д.е.н., проф., Одеський національний морський університет, Одеса, Україна
<b>Постан М.Я.</b>	д.е.н., проф., Одеський національний морський університет, Одеса, Україна
<b>Пітерська В.М.</b>	д.т.н., доц., Одеський національний морський університет, Одеса, Україна
<b>Рамазанов С.К.</b>	д.т.н., д.е.н., проф., Заслужений діяч науки і техніки України, Київський національний економічний університет ім. В. Гетьмана, Київ, Україна
<b>Сапронова С.Ю.</b>	д.т.н., проф., Державний університет інфраструктури та технологій, Київ, Україна
<b>Сафронов О.М.</b>	к.т.н., Український науково-дослідний інститут вагобудування, Кременчук, Україна
<b>Сергієнко О.В.</b>	к.т.н., доц., Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, Сєверодонецьк, Україна
<b>Татарченко Г.О.</b>	д.т.н., проф., Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, Сєверодонецьк, Україна
<b>Ткаченко В.П.</b>	д.т.н., проф., Державний університет інфраструктури та технологій, м. Київ, Україна
<b>Фомін О.В.</b>	д.т.н., доц., Державний університет інфраструктури та технологій, Київ, Україна
<b>Шибасєв О.Г.</b>	д.т.н., проф., Одеський національний морський університет, Одеса, Україна
<b>Шведчикова І. О.</b>	д.т.н., проф., Київський національний університет технологій та дизайну, Київ, Україна

**Відповідальний за випуск збірника наукових праць конференції**

*Полупан Є.В.*

## Секція 1

# ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 629.4.014.1

<sup>1</sup>Аулін Д.О. к.т.н., <sup>2</sup>Басов О.В., інженер

<sup>1</sup>Український державний університет залізничного транспорту Харків, Україна

<sup>2</sup>Науково-виробниче підприємство «ТОР» Харків, Україна

### ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СИСТЕМИ МУЛЬТИФУНКЦІОНАЛЬНОГО ІНТЕГРОВАНОГО ПРИМІСЬКОВО- МІСЬКОГО РЕЙКОВОГО ТРАНСПОРТУ

Системні порушення в роботі приміського та міського транспорту в межах індустріальних, наукових, освітніх і комерційних центрів приводять до різкого збільшення витрат часу на пасажирські перевезення, підвищення витрат матеріальних ресурсів, зростання кількості дорожньо-транспортних пригод, погіршення екологічної ситуації. Продовжує зростати і ступінь автомобілізації міського населення, причому цей процес протікає однаковою темпом незалежно від величини міста. На даний момент, за кількістю автотранспорту, з розрахунку на 1000 мешканців, більшість міст перевищує критичний рівень. Одночасно динаміка автомобілізації населення в кілька разів випереджує темпи розвитку автомобільної інфраструктури.

Зрештою, таке становище веде до підвищення собівартості пасажирських перевезень, зниження їх якості та надійності, відчутного погіршення якості життя населення і, як наслідок, до зростання соціальної напруженості. У таких умовах потрібні спільні зусилля фахівців транспортної галузі, центральних та регіональних органів управління, які мають бути спрямовані на вдосконалення функціонування транспортного комплексу. Іншими словами, необхідний системний підхід до створення нової та оптимізації роботи існуючої інфраструктури.

Можливі напрямки її вирішення проблеми. У наземному транспорті значний обсяг перевезень (більше 40%) виробляється рейковим транспортом. Це зумовлено такими факторами:

- висока середня швидкість перевезень;
- комфортабельність;
- надійність та обумовлена цим низька аварійність;
- мінімальний вплив погодних умов на працездатність;
- висока пасажиромісткість рухомого складу.

Історично склалося розподіл перевезень залежно від протяжності маршруту та пунктів між якими вони здійснюються на такі категорії:

- міські;
- приміські;
- міжміські.

Основні вимоги до інфраструктури, конструкції рухомого складу, організації системи експлуатації визначаються належністю до конкретної категорії перевезень. Таким чином, максимально враховується специфіка роботи транспортної системи та забезпечується функціональна відповідність заявленим завданням.

Істотним недоліком існуючої структури руху рейкового транспорту є необхідність просторово-часового узгодження пасажиропотоків, обумовленого необхідністю пересадок з одного виду транспорту на інший із мінімальними витратами часу. Вирішенням цієї проблеми може бути розробка та впровадження системи універсального (мультифункціонального) інтегрованого рейкового транспорту. У вантажоперевезеннях розроблено та успішно використовується система доставки вантажів за принципом «від дверей до дверей» (door to door), що дозволяє мінімізувати витрати ресурсів та часу на проведення проміжних перевантажень у процесі доставки вантажу до кінцевого одержувача. Зазначений принцип пропонується закласти в основу роботи мультифункціонального інтегрованого приміського-міського пасажирського транспорту, таким чином,

він повинен забезпечити доставку пасажирів до кінцевого пункту призначення з мінімальною кількістю пересадок з одного виду транспорту на інший.

Коло питань, що виникають під час вирішення завдання створення мультифункціональної транспортної системи, можна об'єднати у дві групи:

- соціально-економічні;
- організаційно-технічні.

Перша група питань принципово визначає доцільність застосування мультифункціональної системи в умовах конкретного населеного пункту (конгломерату населених пунктів):

- наявність стійких та інтенсивних пасажиропотоків;
- оцінка економічної ефективності реалізації проекту.

Друга група – організаційно-технічні питання:

- розробка критеріїв для обґрунтованого вибору структури мультифункціонального інтегрованого транспорту (приміський транспорт – трамвай; приміський транспорт – швидкісний трамвай; приміський транспорт – метрополітен) відповідно до конкретної інфраструктури району, в якому планується створення удосконаленої транспортної системи;

- вирішення технічних питань стосовно створення відповідного рухомого складу заданої структури та інтеграції його в умови експлуатації з урахуванням технічних можливостей існуючої та перспективної інфраструктури.

Таким чином, у дослідженні пропонується шляхом удосконалення інфраструктурного забезпечення усунути низку серйозних проблем у галузі приміського-міського сполучення при значному зростанні та коливаннях пасажиропотоків.

Запропоновано альтернативний підхід до вирішення питань, що виникли в транспортній інфраструктурі, – мультифункціональний інтегрований примісько-міський рейковий транспорт. Розробляються оптимальні варіанти напрямів розвитку запропонованої транспортної системи.

УДК 621.8

**Бойко Г.О., к.т.н., доц., Тисячний А.Ю., м.н.с.**

**Яровий М.В., студент**

Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля

## **ІННОВАЦІЙНІ КОНСТРУКЦІЇ ХОДОВИХ КОЛІС КРАНІВ МОСТОВОГО ТИПУ**

Відомо, що при переміщенні кранів мостового типу по рейках виникають вертикальні динамічні навантаження ударного типу при наїзді ходових коліс кранів на стики рейок у місцях їх з'єднання між собою. Такі навантаження впливають на стан не тільки ходових коліс, але і на стан металевих конструкцій, особливо у місцях кріплення букс ходових коліс і з'єднання головних і кінцевих балок, що у кінцевому варіанті призводить до руйнування ходових коліс та появи тріщин втомленості у металевих конструкціях.

Згідно Правил будови і безпечної експлуатації вантажопідйомних кранів [1] при експлуатації мостових кранів взаємне зміщення стиків рейок по висоті не повинно перевищувати 3 мм і зазори між рейками не повинні перевищувати 4 мм. Проходження ходовими колесами рейкових стиків через кожні 12,5 м супроводжується жорстким ударом. При цьому в момент зіткнення колеса із зустрічним виступом вертикальна складова швидкості пересування за долі секунди змінюється від нуля до максимального значення. Під час удару в зоні контакту колеса з рейкою ударний імпульс, отриманий колесом, далі розповсюджується у вигляді хвилі пружної деформації по металоконструкції крану, призводячи до її пружних коливань, а ударний імпульс, отриманий рейкою, розповсюджується на підкранові балки. Пружні коливання (вібрації) металоконструкція крану сприймаються у тому числі і кабіною управління краном, що не створює комфортних умов для управління краном.

Згідно [2] експериментальних досліджень, проведеного на мостовому крані вантажопідйомністю 15 т, прольотом 28 м, величина сили удару при наїзді на



виступ складає 658 кН, а статичний тиск (навантаження) на колесо дорівнює 230 кН, що свідчить про високий рівень навантаження ходового колеса.

Для зниження рівня ударного навантаження ходових коліс і металоконструкції кранів, підкранових рейок і підкранових балок, підвищення їх довговічності, створення комфортних умов управління краном необхідно знизити контактну жорсткість елементів системи крановий міст-рейка-підкранова балка. На практиці для цього встановлюють амортизаційні прокладки під рейки у місцях стиків рейок. Останнім часом з'явилися технічні рішення [3-5] ціллю яких є також вирішення цього питання. Сутність рішень полягає у застосуванні на кранах пружних коліс.

Застосування пружних ходових коліс кранів має гарну перспективу, адже технологічно їх виготовлення не є складним, а ефективність їх застосування не визиває сумніву.

Нами пропонується конструкція пружного ходового колеса крана, де на рисунку 1 зображено ходове колесо крана, вид збоку, на рисунку 2- ходове колесо крана, у розрізі А-А по рис. 1, на рисунку 3 - ходове колесо крана, у розрізі Б-Б по рисунку 2.

Ходове колесо містить маточину 1, зовнішні реборди 2, внутрішні роз'ємні реборди 3 з обідом 4 у вигляді півкілець, які кріпляться через отвори 5 із зазором 6 до маточини 1 колеса з'єднувальними елементами 7, та із зазором 8 між собою, величина якого дорівнює величині зазору 6 між маточиною 1 і внутрішніми ребордами 3. Між внутрішньою поверхнею обідів 4 і маточиною 1 розміщено два пружних півкільця 9.

При переміщенні вантажопідійомних кранів, наприклад, мостового типу, або їх вантажних візків ходове колесо крана, а саме через зовнішню поверхню обіду 4, яка контактує з голівкою рейки (умовно не зображено), сприймає динамічні вертикальні навантаження, які передаються та демпфіруються пружними півкільцями 9, розміщеними між обідами 4 та маточиною 1. При цьому внутрішні реборди 3 переміщуються в пазах маточини 1, що забезпечується наявністю кільцевого зазору 6 між маточиною 1 та внутрішньою ребордою 3 та

можливістю переміщення з'єднувальних елементів 7 у отворах 5 маточини 1 на величину стискання пружного півкільця 9 та наявністю зазору 8 між внутрішніми ребрами 3. У разі, коли в контакт з голівкою рейки вступає друге півкільце обіду 4, попереднє півкільце обіду 4, яке вийшло з контакту, переміщується в пазах маточини 1 разом зі з'єднувальними елементами 7, які переміщуються у отворах 5 маточини 1. Це переміщення відбувається за рахунок пружних властивостей пружного півкільця 9. У разі зношення пружних півкільць 9, або внутрішніх реборд 3, заміна зношених елементів здійснюється шляхом викручування з'єднувальних елементів 7 та демонтажу/монтажу зношених елементів на нові.

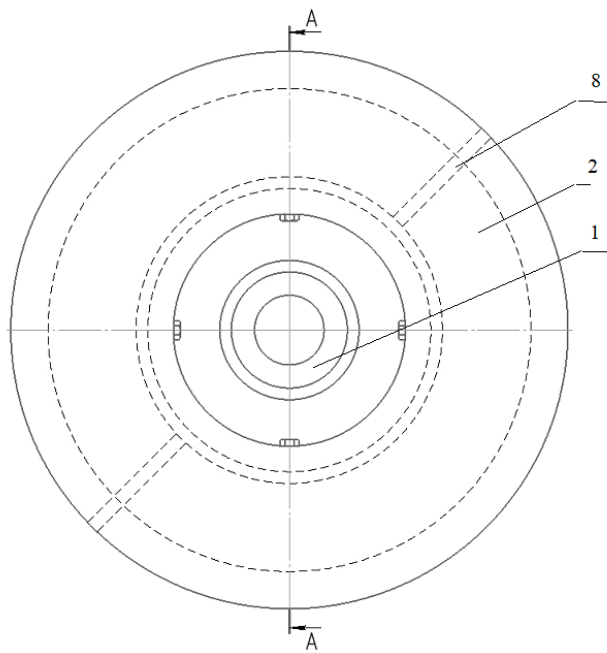


Рисунок 1

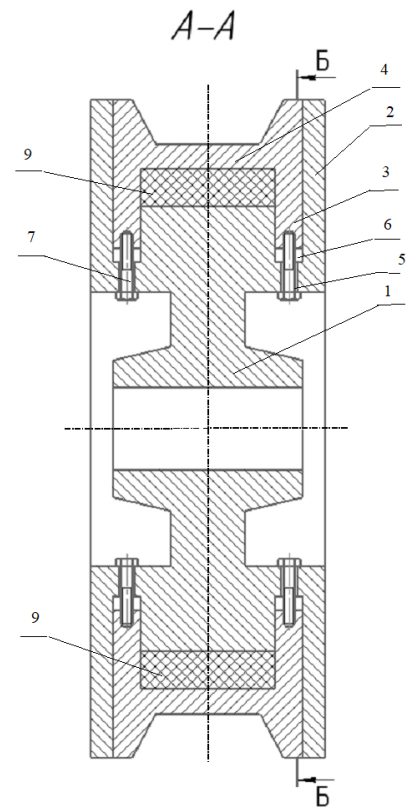


Рисунок 2

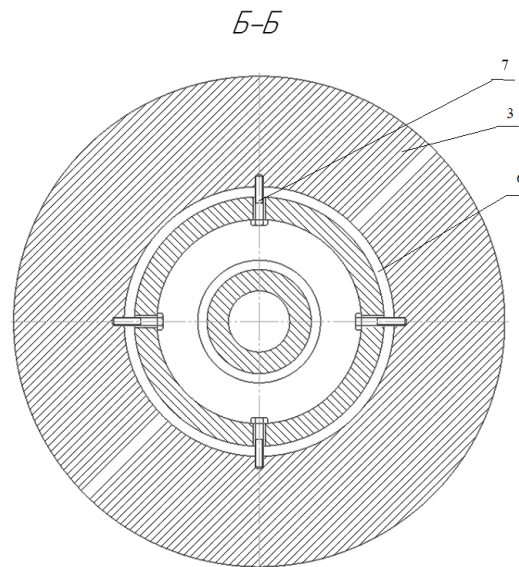


Рисунок 3

Застосування запропонованого ходового колеса дозволить покращити умови праці, удосконалити та спростити процес технологічного складання ходового колеса крана, підвищити його надійність та ефективність застосування, а виконання частини реборди змінною та роз'ємною скоротить час на заміну зношених частин реборди та підвищить продуктивність праці.

#### Література

1. Правила будови та безпечної експлуатації вантажопідйомних кранів.- Харків.: Форте, 2002. – 416 с.
2. Лобов Н.А. Динамика мостовых кранов. .- М.: Машиностроение, 1987.- 160 с.
3. Механізми пересування мостових кранів: монографія / Є.Д. Слепужніков, Н.М. Фідровська, І.С. Варченко. – Харків: НУЦЗУ, 2019. – 124 с.
4. Патент України на винахід № 104240, Кранове ходове колесо з еластичною кільцевою вставкою. МПК В60 В 9/00, опубл. 10.01.2014 р., Бюл. №1.
5. Патент України на корисну модель № 98454, Колесо кранове з пружним кільцем, розташованим в ободі. МПК В60 В 9/00, опубл. 27.04.2015 р., Бюл. №8.

УДК 656.076.2

**Заверкін А.В., к.т.н., доц., Кузьменко С.В., к.т.н., доц.,  
Сергієнко О.В., к.т.н., доц., Марченко Д.М., д.т.н., проф.**

Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, Україна

## **АВТОТРАНСПОРТ ПІДПРИЄМСТВ В УМОВАХ ЦЕНТРАЛІЗАЦІЇ ПАРКУ АВТОМОБІЛІВ**

Переважаючий розвиток автомобільного транспорту загального користування і концентрація рухомого складу у великих автотранспортних підприємствах – вимога оптимізації обслуговування автомобільного парку [1]. Ефективність використання трудових і матеріальних ресурсів основних фондів на автотранспорті загального користування значно вище, ніж на відомчому автотранспорті, продуктивність на 1 авто-тону в 9,1 рази, а витрати на перевезення 1 тони нижче в 5,7 рази, фондівіддача вище в 6 разів [2]. Централізація транспортних засобів – важливий резерв поліпшення їх використання та вивільнення трудових ресурсів.

Однак, аналіз показує низькі темпи вирішення цього завдання в більшості регіонів. Завдання сьогодення – подолання у працівників промислових підприємств і будівництв «психологічного бар'єру», який проявляється в прагненні мати «свій транспорт». Промислові підприємства практично виконують функції, властиві самостійній господарській підгалузі – автомобільному транспорту загального користування. На сьогоднішній день основні техніко-експлуатаційні показники на транспорті загального користування і відомчому зближуються: середня вантажопідйомність одного автомобіля загального користування становить 6,4 тони, відомчого – 8,1 тони, середня дальність перевезень відповідно 13,2 і 10,4 км [3].

У зв'язку з цим метою даної роботи є проведення аналізу роботи автомобільного транспорту промислових підприємств при різних технологічних варіантах та впливу різних параметрів рівнів виробництва на обсяги перевезень.

Проведені дослідження дозволяють зробити висновок, що з підвищенням технічного рівня виробництва на промислових підприємствах обсяг зовнішніх перевезень зростає, а внутрішньозаводських (міжцехових) перевезень знижується. Багатофакторна модель нормативу зовнішніх перевезень для машинобудівного підприємства має наступний вигляд [1]:

$$H^1 = -1,13 + 2,11X_1 - 0,61X_2 + 0,28X_3 - 0,34X_4 \quad (1)$$

де  $H^1$  - норматив зовнішніх вантажних перевезень, т;

$X_1$  - фондоозброєність праці, грн.;

$X_2$  - рівень однорідності виробництва, %;

$X_3$  - рівень профілізації виробництва, %;

$X_4$  - рівень кооперації, %.

Така модель дає оцінку характеру і ступеня впливу окремих факторів на зміну нормативу, який встановлюється в тонах вантажних перевезень на 10 тис.грн. валової (товарної) продукції. Найбільший вплив на збільшення обсягу перевезень надає фондоозброєність праці.

Норматив внутрішньозаводських перевезень, на відміну від зовнішніх вантажних перевезень, доцільно встановлювати не на одиницю валової або товарної продукції, а на 10 тис.грн. У цю вартість входить вартість сировини, основних матеріалів, комплектуючих виробів, напівфабрикатів і заготовок, що надходять на підприємство. Виявлено пріоритетний вплив на обсяг внутрішньозаводських перевезень тих же показників  $X_1, X_2, X_3, X_4$ .

Модель може бути представлена в наступному вигляді:

$$H^2 = 35,79 - 8,06X_1 + 1,94X_2 - 0,59X_3 + 0,14X_4 \quad (2)$$

де  $H^2$  - норматив внутрішньозаводських вантажних перевезень, т;

Оптимізація транспортного обслуговування промислових підприємств повинна призводити до скорочення потреби підприємств у внутрішньозаводських технологічних перевезеннях [4]. Відповідно, все більша частина автомобілів повинна направлятися в сферу обігу для виконання зовнішніх перевезень.

Для техніко-економічного обґрунтування організаційної форми проведення централізації автотранспортного парку були виконані наступні варіантні розрахунки.

ВАРІАНТ 1. Одноразова повна передача відомчих вантажних автомобілів транспорту загального користування.

ВАРІАНТ 2. Поетапна повна передача відомчих вантажних автомобілів окремих галузей промисловості в установленому порядку.

ВАРІАНТ 3. Послідовне переведення промислових підприємств на централізоване обслуговування шляхом передачі транспорту загального користування додаткового обсягу перевезень у зв'язку із зростанням обсягу продукції, що випускається при обмеженні відомчого парку машин.

Розрахунки показали, що найбільш ефективна поетапна повна передача відомчих вантажних автомобілів окремих галузей промисловості.

Підвищення рівня централізації парку на автомобільному транспорті загального користування є передумовою для поліпшення всіх показників його виробничо-господарської діяльності. Цей висновок зроблено на основі аналізу основних техніко-економічних показників автотранспорту загального користування в розрізі трьох груп підприємств. Очевидна пряма залежність рівня показників від розміру автопідприємства. На великих підприємствах продуктивність праці водіїв в 1,6 рази вище, ніж на середніх. Вище також ефективність використання праці в ремонтному виробництві. Так, за період 2019-2021 рр. на великих підприємствах при зростанні чисельності ремонтних робітників на 2,5%, коефіцієнт випуску автомобілів на лінію підвищився з 0,67 до 0,68; на дрібних підприємствах кількість ремонтних робітників збільшилася на 11,6%, а коефіцієнт випуску залишився на рівні 0,6.

Не є економічною діюча на багатьох підприємствах промисловості і будівництва система децентралізованого обслуговування виробництва, при якій транспортні засоби і обслуговуючі їх робітники передаються в розпорядження того цеху або ділянки, для якого здійснюються перевезення. Встановлено, що частка часу, що витрачається на вирішення питань, пов'язаних з організацією нецентралізованих перевезень, займає в бюджеті робочого часу за зміну у начальника виробництва підприємства до 10%, у заступників начальників цехів – до 40%, у майстрів цехів – до 30%.

Основні напрямки зниження трудових витрат на внутрішньоцехових переміщеннях наведено на рис.1.

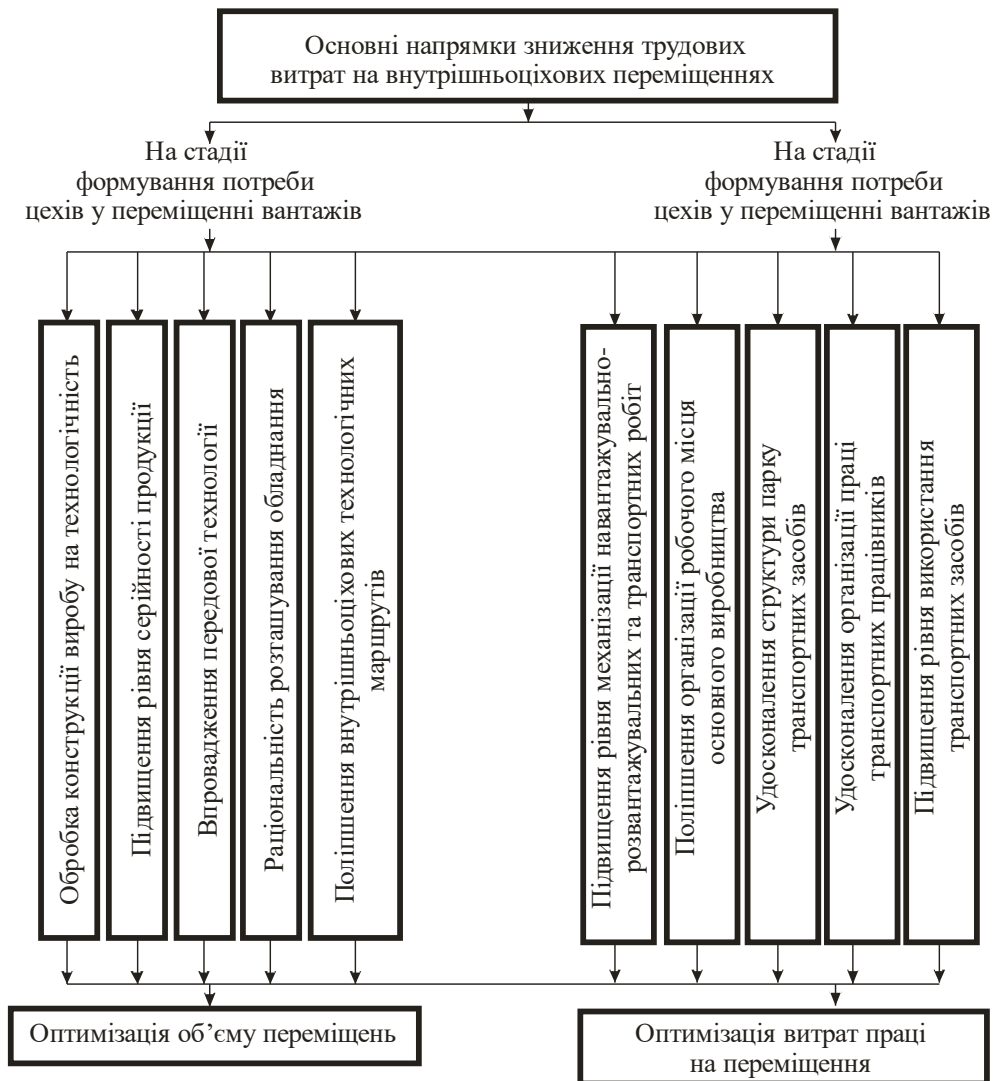


Рис.1. Напрямки зниження трудових витрат на внутрішньоцехових переміщеннях

Таким чином, на сучасному етапі вдосконалення управління промисловим транспортом має розвиватися за трьома напрямками.

Перший – управління зовнішніми перевезеннями на основі вдосконалення механізму міжгалузевого управління в транспортно-промисловому комплексі.

Другий – управління міжцеховими перевезеннями як підсистемою транспортно-промислового комплексу на основі міжгалузевого госпрозрахунку транспортних цехів підприємств.

Третій – управління внутрішньоцеховими перевезеннями як підсистемою транспортної системи підприємства на основі вдосконалення механізму економічного стимулювання технологічних служб підприємств.

При перебудові механізму управління на зовнішніх і міжцехових перевезеннях особливо важливого значення набуває взаємне пристосування і переплетення механізму управління промисловим транспортом в двох галузевих системах управління: на транспорті загального користування і в промисловості.

1. Проведено аналіз роботи автомобільного транспорту промислових підприємств при різних технологічних варіантах та впливу різних параметрів рівнів виробництва на обсяги перевезень.

2. Розглянуто варіанти одноразової повної передачі відомчих вантажних автомобілів транспорту загального користування, поетапної повної передачі відомчих вантажних автомобілів окремих галузей промисловості в установленому порядку та послідовне переведення промислових підприємств на централізоване обслуговування шляхом передачі транспорту загального користування додаткового обсягу перевезень у зв'язку із зростанням обсягу продукції при обмеженні відомчого парку машин.

#### Література

1. Соловійова О. О. Загальний курс транспорту: навч. посібник / О. О. Соловійова, І. І. Висоцька, І. М. Герасименко. К.: НАУ, 2019. 244 с.



2. Пузирьова П. В. Особливості формування потенціалу автотранспортних підприємств, що здійснюють вантажні перевезення // Ефективна економіка № 2, 2013. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=1820> (дата звернення 12.05.2022 р.)
3. Прейгер Д. К. Реалізація потенціалу транспортної інфраструктури України в стратегії посткризового економічного розвитку / Д.К. Прейгер, О.В. Собкевич, О.Ю. Ємельянова. К.: НІСД, 2011. 37 с.
4. Данько, М.І. Забезпечення конкурентоспроможності промислових підприємств в умовах міжнародних транспортних коридорів [Текст]: монографія / М.І. Данько, В.Л. Дикань, Н.В. Якименко. Харків: УкрДАЗТ, 2008. 170 с.

*e-mail: [zawerkin@ukr.net](mailto:zawerkin@ukr.net)*

УДК 656.225:629.1

**Запара В.М., к.т.н., проф., Запара Я.В., к. т. н., доц.,**

**Іванова А.С., магістр, Капустянська Н.Г., магістр**

Український державний університет залізничного транспорту, Україна

## **ВИКОРИСТАННЯ ЩИТІВ ДВЕРНИХ МЕТАЛІЧНИХ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ ВАНТАЖІВ РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕННЯ У ВЛАСНИХ КРИТИХ ВАГОНАХ**

Значні обсяги перевезень зернових залізницею та завищений оборот вагонів призводять до дефіциту спеціалізованого рухомого складу у періоди пікових перевезень. Отже, важливим вбачається розгляд та вибір альтернативних варіантів транспортування таких вантажів.

Можливим варіантом є вимушене використання критих вагонів, проте слід мати на увазі, що при традиційних дерев'яних зернових щитах їх завантаження повинне виконуватись через двірні отвори. Така технологія викликає певні труднощі при вантажно-розвантажувальних роботах і призводить до неповного використання навантажувального об'єму вагона і, як наслідок, до суттєвого недовикористання вантажопідйомності вагона.

При завантаженні критих вагонів через верхні люки необхідна розробка нових конструкцій дверних щитів, які б дозволяли використовувати завантаження міждверного простору до максимальної висоти за дотриманням всіх вимог безпечності перевезення та повної схоронності.

Деякі перспективні вантажі рослинного походження (які мають попит в країнах ЄС), наприклад, шрот, лушпиння соняшника гранульоване (пеллети паливні) можливо перевозити і в універсальних вагонах – критих.

У критих вагонах універсального призначення вантажі насипом перевозять з використанням дверних огорожень. Стандартним видом дверного

огороження при перевезенні зернових вантажів в критих вагонах є щити дверні дерев'яні. Відповідно до діючих Технічних умов розміщення і кріплення вантажів вантаж у міждверному просторі завантажують на 100 мм нижче верхньої кромки щита (максимальна висота щита від рівня підлоги вагона – 2170 мм). Збільшення висоти навантаження зерна у бік торцевих стін вагона допускається на відстані не менше 1500 мм від краю щита.

Для проведення досліджень з розміщення зернових вантажів у критому вагоні як базовий обрано вагон моделі 11-280. Досліджено максимальну завантаженість вагона з урахуванням різної насипної щільності вантажів рослинного походження та встановлено низьку ступінь використання вантажопідйомності та навантажувального об'єму в діапазоні низької насипної щільності вантажів.

Запропоновано двері вагона захищати багатообіговими пристроями - щитами дверними металевими, що дозволяють виконувати завантаження вагона в міждверному просторі без обмежень по висоті навантаження та забезпечувати повну схоронність вантажу при підвищенні використання вантажопідйомності вагонів. Поряд з цим потрібна актуалізація Технічних умов розміщення і кріплення вантажів (зокрема глави 11 «Розміщення і кріплення вантажів у критих вагонах») (Додаток 3 до СМГС) в першу чергу щодо оновлення основних моделей критих вагонів універсального призначення, допущення експлуатації багатообігових засобів, які б дозволяли повністю перекривати дверний простір та мали відповідний захист від можливих втрат вантажу в процесі перевезення.

Щити дверні металеві типу ЩДМ-1 (в подальшому – щити) – є знімним багатообіговим засобом, призначеним для запобігання просипанню сипучих вантажів (зокрема - насіння соняшника та продуктів його переробки з розмірами фракцій від 4 до 50 мм) при їх транспортуванні в універсальних критих залізничних вагонах. Щити мають конструкцію, яка дозволяє здійснювати їх монтаж (демонтаж) вручну з використанням ручних електроінструментів; здійснювати вивантаження сипучих вантажів через отвори (люки) в кожній секції щита в приймальні бункери з наступним відкриванням секцій щита для

використання ковшових електронавантажувачів; забезпечує надійність закріплення знімних частин для виключення можливості їх мимовільного ослаблення та випадіння під час експлуатації; забезпечує захист різьбових з'єднань від самовідгвинчування; зручний та легкий доступ до елементів конструкції, які необхідно замінювати в процесі експлуатації; запобігає вандалізму; може експлуатуватись за температур навколишнього середовища від -45 до +40 °С. Секції щитів відкриваються з зусиллям не більш, ніж 70 Н. Середнє напрацювання на відмову не менше 10 000 год., повний середній термін служби не менше 5 років.

Рама розробленого щита складається з горизонтальних і вертикальних труб квадратних перетином 60 x 30 x 2 мм. До крайніх вертикальних труб приварено по три кронштейна кріпильних, що мають отвір діаметром 10 мм під болт кріплення до вагону через технологічні отвори в самому вагоні в районі дверної стійки. Рама кріпиться до вагону з внутрішньої сторони вагона в міждверному просторі і видавлюється щільно до стінки вагона за допомогою болтових з'єднань.

У раму щита монтують чотири секції щита розмірами 2230 x 947,5 мм, які закріплюються до внутрішніх вертикальних труб квадратних рами трьома петлями, що складаються з двох втулок, кожна пара яких з'єднується знімним пальцем. Аналогічно закріплюються секції щита між собою (перша з другою, четверта з третьою). Для фіксації кожної секції щита передбачені верхня і нижня засувки, що проходять через дві втулки, з обмежувачами від випадання довжиною 400 мм і відведена перпендикулярно ручка довжиною 100 мм з круга діаметром 18 мм. Рама секції щита і перегородки виконані з горизонтальних і вертикальних труб квадратних перетином 60 x 30 x 2 мм, з'єднання труб виконані зварюванням. Поверхня кожної секції щита перекривається з внутрішньої сторони вагона листом металевим товщиною 1,5 мм, що прикріплюється зварюванням до рами і перегородок секції щита. При цьому для перекриття зазорів з метою недопущення витоку вантажу дрібних фракцій (для поліпшення схоронності перевезень) між секціями щита, між рамою щита і секціями щита

металевий лист «випускають» за габарити секції щита на 15 мм, утворюючи таким чином «нащільники».

У нижній частині кожної секції щита передбачені люки з листа металевого товщиною 2,0 мм і розміром 600 х 600 мм для виконання вивантаження вантажу в міждверному просторі самопливом для подальшого посеційного відкриття щита міждверного з метою застосування засобів механізації (ковшеві електронавантажувачі). Напрямні для заслінки люка виконані з куточка 25 х 25. На заслінці люка передбачена ручка для переміщення по напрямних і обмежувачі від повного виймання заслінки.

Отвір між рамою щита і вагоном у верхній частині дверного отвору зашивають листом металевим товщиною 2,0 мм методом механічного кріплення до верхньої горизонтальної труби квадратної рами щита, утворюючи «козирьок», який не допускає витоку вантажу дрібних фракцій у верхній частині дверного отвору. В робочому стані щита дверного металевого багатообігового всі зазори перекриваються нащільниками і «козирком», що забезпечує повну гарантію збереження вантажу в вагоні під час перевезення.

Габаритні розміри щита дверного металевого багатообігового без кронштейнів і козирка - 4 150 х 2 320 х 60 мм; з кронштейнами і козирком - 4 290 х 2 370 х 60 мм, загальна маса - 322,5 кг. Комплект на вагон - 2 щити загальною масою  $322,5 \times 2 = 645,0$  кг.

Перед завантаженням щити дверні металеві багатообігові приводять в робочий стан: секції щита встановлюють в закриті положення з фіксацією верхніми і нижніми засувками, заслінку люка встановлюють у крайнє нижнє положення (до обмежувача на заслінці).

Після вивантаження вантажу з вагона перед відправленням вагона в порожньому стані щити дверні металеві багатообігові також приводять в робочий стан: секції щита встановлюють в закриті положення з фіксацією верхніми і нижніми засувками, заслінку люка встановлюють у крайнє нижнє положення (до обмежувача на заслінці), тобто багатообіговий засіб не

прибирається з дверного отвору. Із-за цього засіб рекомендується застосовувати для власних критих вагонів.

Крім того, слід зазначити, що вимушене використання критих вагонів для перевезення вантажів рослинного походження більш прийнятне для дрібних споживачів, пункти вивантаження яких можуть не завжди мати приймальні бункери для вивантаження зерновозів. Можливість вивантаження критих вагонів з використанням ковшових електронавантажувачів, які широко використовуються при вантажно-розвантажувальних роботах дає змогу використання критих вагонів з щитами дверними металевими на сегменті дрібних споживачів послуг залізничного транспорту навіть в період відсутності дефіциту зерновозів. Такий підхід до утримання сегменту дрібних споживачів послуг залізниці є в руслі розвитку процесу бімодальних перевезень.

Більш перспективним є використання універсальних крупнотоннажних контейнерів. Останнім часом деякі фірми (наприклад, польська «Laude») налагоджують випуск контейнерів більш пристосованих для перевезення зернових (з розширеними боковими стінками, завантажувальними та розвантажувальними люками). На вітчизняному ринку подібну продукцію пропонує ДМЗ «Карпати», яка не поступається характеристиками зарубіжним зразкам – контейнер моделі КСГ-45М1. Основні характеристики: геометричний об'єм – 43,5 м<sup>3</sup>, вантажопідйомність -31,65 т, маса тари – 4,5 т, габаритні розміри – 6058x3078x2896 мм, розмір розвантажувального люку – 800x1900 мм, завантажувальних люків – 600x1650 мм, розміри і тип контейнера у відповідності з ISO 6346:1995, основний матеріал рами і даху – сталь 345-09Г2С-12, орієнтовна вартість – близько 14000 \$. (Для порівняння вартість зерновоза – 58000 \$).

Таким чином, дослідженнями встановлена можливість та ефективність використання альтернативного залізничного рухомого складу (власних критих універсальних вагонів) із запропонованим огороженням дверного простору (щити дверні металеві) для забезпечення гарантованої схоронності вантажу.

УДК 656.13:658.7

**Запара В.М., к.т.н., проф., Запара Я.В., к.т.н., доц.,  
Максимович Є.А., магістр, Неглядова Н.В., магістр**  
Український державний університет залізничного транспорту, Україна

## **АНАЛІЗ ІННОВАЦІЙНИХ ПІДХОДІВ ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТРАНСПОРТНО-ТУРИСТИЧНИХ ПОТОКІВ РІЗНИМИ ВИДАМИ ТРАНСПОРТУ**

Швидке розширення міст вимагає впровадження сучасних підходів до розвитку їх транспортної інфраструктури. Це виявляється насамперед у впровадженні у містах інтелектуальних транспортних систем. Інтегрована інтелектуальна транспортна система міста має складатися з системи управління рухом, система управління громадського транспорту, системи управління паркуванням і система управління логістичними потоками. Державні та муніципальні органи влади більшості країн світу зацікавлені у розвитку туристичної сфери, але наразі це питання суперечить заходам карантину через поширення COVID-19 у всьому світі.

Сектор туризму, який найбільше постраждав від таких обмежень, поступово відновлюється і потребує пошуку найбільш інноваційно соціально-орієнтованих та правових практик, які б прискорили цей процес. Туризм нерозривно пов'язаний з міською логістикою, а отже, ефективне логістичне забезпечення міських транспортних потоків буде включати управління туристичними потоками. У своєму дослідженні Porta та ін. (2006) запропонували низку моделей для різних випадків міських вуличних мереж. Автори провели порівняльне дослідження деяких структурних властивостей подвійних графів, шукаючи значну схожість і повторюваність між кластерами різних випадків, що є цікавим науковим досягненням.

Адаптивний підхід, запропонований Даганзо (2007) до контролю з метою покращення міської мобільності та зменшення заторів, був новим поглядом, який характеризувався впровадженням моніторингу та контролю сукупних заторів на районному рівні. Простота використання запропонованих автором динамічних моделей та необхідність спостережних вихідних даних слід вважати значною перевагою перед іншими подібними інструментами. У дослідженні Геролімініса і Даганзо (2008) автори виявили, що у великій міській місцевості існує макроскопічна фундаментальна діаграма, яка безпосередньо пов'язує середній простір, щільність і швидкість, і що існує фіксована залежність між середнім простором, протікає по мережі. Для оцінки міських потоків використовувалися дані маршруток з підтримкою GPS. Продовжуючи свої дослідження, Н. Геролімініс робить висновок, що запропоновані раніше аналітичні теорії вивчення зв'язків між структурою мережі та макроскопічною фундаментальною діаграмою для міських територій не враховують вплив поворотів, а отже, не є оптимальними (Geroliminis and Boyaci, 2012). Запропоновані в роботі підходи дозволили розглянути мінливість для різних міст і сигнальних структур, що, на нашу думку, є ключовим теоретичним і практичним доробком. Оцінку впровадження системи управління вантажними перевезеннями проводили Во та ін. (2019).

Досліджуючи ненаправлені незважені моделі доріг мережі, Гуо та Лу (2016) запропонували два методи моделювання, засновані на комплексній теорії мережі та фільтрації траєкторії даних. Ними доведено також часткову випадковість розвитку міського транспорту. Управління віртуальною логістикою, підхід логістика 4.0 (Галкін та ін., 2019), сценарне моделювання технологічної схеми доставки (Галкін та ін., 2020) є перспективними напрямками досліджень.

Інтелектуальні транспортні системи часто стикаються з проблемою заторів і вимагають розробки найбільш прикладного математичного апарату, який би розглянув вплив різних рішень на транспортний потік міст. Евристичний підхід має бути основним для покращення моделювання перевантажень (Zambrano-Martinez та ін, 2017). Варто зазначити, що лише деякі ділянки вулиць підпадають



під загальну теорію потоку транспортних засобів, що забезпечує адекватність за допомогою квадратичної регресії, тоді як інші категорії типові в інших випадках (Zambrano- Martinez та ін., 2018). Більш детальний аналіз дорожньої мережі може включати запропоновану Zhao та ін. (2017) систему вимірювання централізації мережі з урахуванням її топологічних характеристик та геометричних властивостей.

Дослідження Wang та ін. (2018) щодо розподілу попиту на міський транспорт показують, що в години пік на різних перехрестях та дорогах існує неоднорідність, але існує кореляція між піковими годинними потоками та добовими потоками. Автори запропонували модель зв'язку між структурою та функціями міських доріг, що є дуже цікавою розробкою, яку необхідно реалізувати на практиці. Загалом, використання системного управління рухом є одним із ключових інноваційних інструментів логістичного забезпечення міських транспортних потоків. Ці дослідження цікаві саме завдяки застосуванню інформаційних рішень у вирішенні задачі оцінки транспортних потоків міст. У дослідженні Lu та ін. (2018), автори запропонували інноваційний підхід до визначення інструментів покращення транспортного руху в місті. Крім того, виявлено просторову кореляцію руху транспортних засобів у мережах доріг міста. У широкомасштабних наукових дослідженнях Zhang та ін. (2021) автори побудували просторову мережу транспортних потоків, виділивши холодні та гарячі точки між ними. Дослідження розділило мережі транспортних потоків на громади за централізацією та щільністю. На нашу думку, це дослідження дозволило краще зрозуміти природу міських транспортних потоків.

При оптимізації транспортно-логістичних потоків у містах необхідно збалансувати інтереси суспільства та бізнесу. Суспільство зацікавлене у забезпеченні комфортного рівня життя громадян, пов'язаного із забезпеченням транспортної доступності, харчової та екологічної безпеки. У свою чергу, міська доставка для транспортно-логістичних компаній надзвичайно важлива. Тут часто трапляються основні затримки та значні фінансові витрати. Важливість для логістичного бізнесу на ділянці доставки «останньої милі» вимагає

впровадження сучасних рішень при мінімізації витрат, що вигідно для суспільних інтересів, оскільки, зокрема, мінімізується рух великовагового транспорту в містах, а також забезпечується краща адаптація до запитів клієнтів, як частини суспільства. У межах наукової роботи Лу та ін. (2014) автори запропонували двопараметричну динамічну модель спільноти для побудови соціальних мереж за критеріями швидкості спілкування та обмінного курсу. Цікавим досягненням має стати експериментальне підтвердження авторами того, що створені за запропонованою моделлю мережі можуть суттєво та якісно відтворювати мережі соціальних контактів. Будь-які соціально орієнтовані інноваційні практики нерозривно пов'язані з можливістю їх впровадження, а для цього, зокрема, необхідно адекватно оцінювати освітній рівень населення. Необхідно визначити доцільність застосування системного підходу до діагностики рівня освіти населення та оцінити результати діагностики освітнього рівня міста в контексті формування інформаційного суспільства (Мартинович та ін., 2019). Мобільність під час подорожей, особливо у великих містах, стає важливим фактором оцінки якості туристичного продукту споживачами. За даними Albalade and Bel (2010), інтенсивність туризму є фактором, який підвищує попит на міський громадський транспорт і викликає його розвиток, але також викликає проблеми для міських жителів, пов'язані з обмеженою пропозицією та заторами. З цим погоджуються й інші дослідники, зокрема Насія (2019), який відзначає необхідність досліджень, спрямованих на вирішення цих проблем шляхом розробки ефективних інструментів.

Згідно з німецьким досвідом, як одним з найкращих практик, пріоритет розвитку слід віддати залізничному транспорту як ключовому компоненту міської транспортно-логістичної інфраструктури, у тому числі туристичної сфери. Відомо, що інтегрована міська інтелектуальна транспортна система включає систему управління рухом, систему управління громадським транспортом, систему управління паркуванням та логістичний потік системи управління з урахуванням впливу туризму.

Визначення можливості застосування соціально-орієнтованих інноваційних практик у матеріально-технічному забезпеченні основних міських транспортних та туристичних потоків потребує комплексного вивчення. Були критично проаналізовані наукові праці провідних вчених світу. Низка розробок, що мали теоретичний і практичний характер, дозволили розглянути мінливість для різних міст і сигнальних структур у системі міського світлофорного руху, довели часткову випадковість розвитку міського транспорту, а також важливість туризму для міської логістики. Вважаємо за необхідне провести розробку найбільш прикладного математичного апарату, який би враховував вплив різних рішень на транспортний потік міст, а також просторову кореляцію руху транспортних засобів на міських дорогах.

Доведена необхідність системного управління транспортним потоком, який є одним із ключових інноваційних інструментів логістичного забезпечення основних міських транспортних та туристичних потоків. Інтегровані логістичні центри визначені як основний компонент інноваційного управління міською логістикою, включаючи міську легку залізницю як один із елементів, що може бути актуальним як для вантажних, так і для пасажирських потоків.

*e-mail: y.zapara@gmail.com*

УДК 656.073.7

**Павленко О.В., к.т.н., доц., Очерedyкo М.О., студент**  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

## **ВИЗНАЧЕННЯ ПРОБЛЕМНИХ ПИТАНЬ ЩОДО ОРГАНІЗАЦІЇ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМ НАЗЕМНОГО ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ЛІТАКІВ**

Головним завданням розвитку авіації є формування сучасної авіатранспортної системи, що зв'язала країни і континенти, забезпечила можливість життя в важкодоступних районах планети. Найменші перешкоди для його функціонування відразу відображаються на житті мільйонів людей. Потреба в ньому настільки велика, що відновлення авіаперевезень відбувається в найкоротший час - від декількох місяців до одного-двох років.

Функціонування авіації неможливе без наземного транспортного забезпечення на летовищах, яке відбувається на даний момент переважно автомобільним видом транспорту – в цьому полягає тісний взаємозв'язок між цими видами транспорту. Ефективне використання автотранспортних ресурсів та персоналу, застосування нових транспортно-технологічних схем доставки вантажів до місць обслуговування та завантаження повітряних суден дозволить значно скоротити витрати на функціонування авіаційного транспорту та підвищити його конкурентоздатність.

Повітряні сили України – один з головних носіїв бойового потенціалу Збройних сил України. Цей високоманеврений вид збройних сил призначений, спільно з військами Протиповітряної оборони, для охорони повітряного простору держави, ураження з повітря об'єктів противника, авіаційної підтримки власних військ (сил), висадки повітряних десантів, повітряного перевезення

військ і матеріальних засобів та ведення повітряної розвідки. Військова авіація України (без урахування армійської авіації) базується на аеродромах у Старокостянтиніві, Озерному, Борисполі, Василькові, Івано-Франківську, Луцьку, Миколаєві, Миргороді, Мелітополі, Гавришівці, плюс навчальна бригада у Чугуєві [1].

Для авіакомпанії важливим питанням є постійне підвищення її конкурентоспроможності на ринку послуг за здійснення авіаційних перевезень. У першу чергу, це стосується питань забезпечення необхідного рівня надійності та льотної придатності парку повітряних суден авіакомпанії, безпеки польотів та якості обслуговування [2]. На забезпечення надійності авіаційної техніки впливає якість проведення всіх видів технічного обслуговування – передпольотного, післяпольотного, при короткочасних зупинках, періодичного, профілактичного та важких форм технічного обслуговування (ТО). У статті [2] наведено формули оцінки якості роботи працівників центру технічного обслуговування і ремонту авіаційної техніки. Запропоновано методику оцінки якості виконання важких форм технічного обслуговування, що реалізована в автоматизованій системі управління надійністю парку повітряних суден авіакомпанії.

Результатом декомпозиції нормальної постановки задачі оперативного керування ТО повітряного судна (ПС) є дві задачі: задача розподілу операцій між групами виконавців; задача призначення часу початку робіт [3]. Перша з них є нелінійною, тому пропонується виконати декомпозицію задачі розподілу операцій між групами виконавців на дві: побудова допустимих послідовностей робіт для кожного виконавця; призначення виконавців для виконання послідовностей робіт. Це дозволяє позбавитись від нелінійності, і таким чином дає можливість рішення її засобами інформаційної техніки. В статті [3] наведено алгоритм побудови множини припустимих послідовностей робіт виконавців, а також вказано умови наявності або відсутності розв'язків.

Проведене в роботах [4, 5, 6] дослідження дозволило вивчити вплив передових технологій, а саме технологій інтернету речей, на час обслуговування

повітряних суден. Розроблена модель підтверджує гіпотезу про зменшення часу перебування літака на землі в разі використання технології «RFID». Також варто відзначити, що використання технологій інтернету речей зменшує кількість контактів між представниками бере участь в обслуговуванні літального апарату персоналу, що сприяє зниженню ризику зараження вірусними захворюваннями. Більш того, дана модель надає можливість змінювати її параметри для проведення нових дослідів і визначати оптимальні параметри обслуговування. Так, було виявлено, що підвищення кількості команд вантажників при незмінності інших параметрів не применшує час технічного обслуговування літака.

Як у цивільних, так у військових літаків експлуатаційні можливості мають першорядне значення. Нездатність підтримувати таку можливість може призвести до затримок або скасування польотів, що може призвести до фінансових втрат, незручностей та незадоволеності клієнтів або неможливості їх виконання. На додаток до спроб уникнути цих небажаних функцій експлуатанти повітряних суден повинні також забезпечити виконання відповідних нормативних вимог, щоб повітряне судно працювало на необхідних рівнях безпеки [7]. У цьому документі обговорюються два варіанти для обслуговування, метою яких є мінімізація перебоїв в обслуговуванні повітряних суден. Обидві програми націлені на використання переваг високого рівня надмірності, щоб дозволити повітряному судну працювати з відмовами. Такий підхід означає, що технічне обслуговування може бути заплановане таким чином, щоб переривання обслуговування було мінімальним, а потреба у терміновому позаплановому технічному обслуговуванні зведена до мінімуму. Також дуже важливим в обслуговуванні є розробка графіку, в якому враховуються всі можливі відмови, ризику та безпека виконання робіт на летовищі [8, 9, 10].

В статті [11] надано основу, яка може бути використана для побудови моделей обслуговування парку повітряних суден в тому числі військового призначення. Різноманітні моделі CPN (кольорові мережі Петрі) створені для представлення діяльності з технічного обслуговування парку та управління

технічним обслуговуванням, а також факторів, що значно впливають на технічне обслуговування парку повітряних суден, включаючи роботу парку повітряних суден, логіку відмов повітряних суден та процеси відмов компонентів. Такі моделі CPN забезпечують ідеальну структуровану основу для аналізу моделювання методом Монте-Карло, в рамках якого можуть бути виконані розрахунки для визначення надійності та технічного обслуговування великої кількості авіапарку.

Таким чином, аналіз теоретичних та практичних питань стосовно перспектив розвитку наземного транспортного обслуговування повітряних суден. Визначені основні напрямки розвитку: використання модульності комплектів засобів забезпечення; гнучке пристосування системи обслуговування повітряних суден до умов реальної оперативної обстановки на території України; зменшення енергозалежності технічних засобів, зменшення їх розмірів з метою забезпечення мобільності; розробка сучасних методів визначення ефективного використання існуючих ресурсів та впровадження нових модульних систем при визначених умовах.

#### Література

1. Авіацію Повітряних Сил зосередять на 5-6 авіабазах // Офіційний сайт. – 2021 р. – Режим доступу до сайту: <https://www.ukrmilitary.com/2020/05/aviabazy.html>
2. Кучер О.Г. Оцінювання якості технічного обслуговування повітряних суден авіакомпанії. / О.Г. Кучер, П.О. Власенко // Наукоємні технології, – 2009. – № 4. – С. 14-20.
3. Жолдаков О.О. Алгоритм побудови множини припустимих послідовностей робіт для виконавців технічного обслуговування повітряних суден. / О.О. Жолдаков // Проблеми інформатизації та управління. 2011. – 2(34). – С. 45-50
4. Пономарёв Р.Л. Разработка имитационной модели технического обслуживания воздушных судов на базе интернета вещей / Р.Л. Пономарёв, В.А. Судаков // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. – 2021. – № 17. – 19 с.

5. Нагорний Є.В. Модель функціонування систем наземного транспортного обслуговування бойових літаків [Текст] / Є.В. Нагорний, О.П. Калініченко, О.В. Павленко // Комунальне господарство міст. 2021. 166. С. 211-216
6. Škultéty F., Stalmašeková N. Pre-flight inspections of aircraft emergency equipment via RFID technology, *Transportation Research Procedia*, 2018. Vol. 35, pp. 279-286.
7. Prescott D., Andrews J. Modelling the Use of Maintenance to Minimise Aircraft Service Disruption, *IFAC Proceedings Volumes*, 2010. Vol. 43, Is. 3, pp. 44-49.
8. Qin Y., Wang Z.X., Chan F.T.S., Chung S.H., Qu T. A mathematical model and algorithms for the aircraft hangar maintenance scheduling problem, *Applied Mathematical Modelling*, 2019. Volume 67. Pp. 491-509.
9. Hobbs A. Aircraft Maintenance and Inspection, Editor(s): Roger Vickerman, *International Encyclopedia of Transportation*, Elsevier, 2021, pp. 25-33.
10. Ek Å., Akselsson R. Aviation on the Ground: Safety Culture in a Ground Handling Company, *The International Journal of Aviation Psychology*, 2007. Vol. 17:1, pp. 59-76/
11. Sheng J., Prescott D. A coloured Petri net framework for modelling aircraft fleet maintenance, *Reliability Engineering & System Safety*, 2019. Vol. 189, pp. 67-88.

*e-mail: tpov@ukr.net*



УДК 656.504

**Решетков Д.М., к.т.н., доц.; Тарасенко Т.С., студент**

Одеський національний морський університет, Україна

## **НАПРЯМИ ГЛОБАЛЬНИХ ЗУСИЛЬ З ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ МОРСЬКИХ ПОРТІВ УКРАЇНИ**

Транспорт має фундаментальне значення для реалізації Паризької угоди та Порядку денного в галузі сталого розвитку на період до 2030 р. На транспорт припадає понад чверть світових викидів парникових газів. У наступні дев'ять років має відбутися глобальне зрушення у бік повсюдного використання відновлюваних джерел енергії. Надійні та безпечні транспортні системи відіграють центральну роль у цій трансформації.

За даними Кадастру викидів парникових газів України 12% парникових газів в державі виробляються транспортом, тому весь транспортний сектор і його підгалузі мають проявити більше ініціативи, щоб наблизитись до досягнень ЄС у цій сфері.

Морські порти вважаються одним з основних двигунів світової економіки та є ключовим елементом транспортної, судноплавної, туристичної та рибальської галузей. Однак зростання активності в морських портах вплинули на навколишнє середовище, включаючи високі викиди вуглецю, шум в результаті діяльності в морських портах, високе споживання енергії і серйозний вплив на здоров'я населення прибережних міст поблизу морських портів.

Через завантаженість суден комерційною діяльністю та операцій з підйому та розвантаження контейнерів, а також місцевої присутності рибних підприємств морські порти та навколишні міста стали вуглецевими і зазнали значних рівнів забруднення. Найбільш забрудненими містами світу є всі прибережні міста. Це посилюється тим, що 70% викидів із суден у всьому світі відбувається в межах 400 км. від прибережних районів. Виробнича діяльність у морських портах становить близько 3% від загального обсягу викидів вуглецю у всьому світі.

Багато морських портів стикаються зі зростаючим тиском зменшення свого вуглецевого сліду при одночасному підвищенні енергоефективності і глобальної конкурентоспроможності. Така ситуація спонукала низку ініціатив щодо декарбонізації їх енергетичних систем та перетворення морських портів на «розумні» та «зелені».

На навколишнє середовище прямо і опосередковано впливають три основні фактори: споживання викопного палива, високе енергоспоживання енергосистем та відсутність професійного управління ресурсами у морських портах.

Ключовими факторами, що сприяють декарбонізації морських портів, є використання поновлюваних ресурсів, оптимізація витрат, впровадження інтелектуальних технологій, встановлення правил та положень щодо екологізації морських портів.

Існуючі дослідження у цьому напрямі використовують останні досягнення в галузі цифрових технологій і зосереджені на одній або кількох з наступних тем:

Скорочення викидів вуглецю

Використання відновлюваних джерел енергії

Оптимізація витрат

Впровадження інтелектуальних технологій управління

Регуляторний ландшафт для озеленення морських портів

Керівні принципи передової практики для «розумних» зелених морських портів

Подальші дослідження, на думку фахівців, торкнуться підходу до управління енергоспоживанням морських портів на основі всього життєвого циклу, семантичне моделювання, прогнозування та оптимізація енергетичних систем морських портів, безпечні та надійні енергетичні послуги морських портів, а також перехід до енергетичних спільнот морських портів, орієнтованих на споживачів.

Важливу роль відіграють оптимальні інвестиції у сучасні технології, що скорочують викиди вуглецю, такі як системи відновлюваної енергії, інтелектуальні пристрої обліку та інші сучасні технології. Повинні бути

передбачені стимули та ініціативи, щоб переконати інвесторів у доцільності інвестування у сучасні морські порти.

Морський транспорт стикається з посилення вимог декарбонізації і роботи на більш стійкій основі. Велика кількість досліджень та конкретних дій вже спрямовані на розвиток існуючих технологій та концепцій, які сприяють декарбонізації морських портів. Україні необхідно брати активну участь у світових заходах у цьому напрямку.

*e-mail: [reshetkov@ukr.net](mailto:reshetkov@ukr.net)*

*e-mail: [tatanatarsenko@gmail.com](mailto:tatanatarsenko@gmail.com)*

656.6:658.512

**Ромах В.Л., старший викладач**

Одеський національний морський університет, Україна

## **ПРОПУСКНА ЗДАТНІСТЬ ПОРТОВОГО КОНТЕЙНЕРНОГО ТЕРМІНАЛУ - КЛЮЧОВА СКЛАДОВА ПЛАНУ ПЕРЕВЕЗЕНЬ.**

Через поточну ситуацію в Україні, за прогнозами, споживання, направлене на відбудову країни, буде зростати. Порти, зокрема порти Одеського регіону, є надпотужними воротами в забезпеченні країни. Поновлення їх роботи, відновлення суднозаходів, покликане не тільки повернути в Україну втрачені схеми постачання, але і сприяти налагодженню нових. При цьому актуальними залишається питання складання такого плану перевезень, який би в умовах недовикористання ємності портового контейнерного терміналу при ввезенні та при вивезенні вантажів забезпечував би оптимальне співвідношення вартості та часу доставки вантажу до внутрішніх споживачів, мережа яких розгалужена по всій території України та поєднана із портами різними видами транспорту. Умови недовикористання пропускної спроможності контейнерних терміналів наведено у виразах (1) та (2).

$$\sum_{k=1}^r d_k > \sum_{i=1}^m a_i \quad (1)$$

та

$$\sum_{k=1}^r d_k > \sum_{j=1}^n b_j, \quad (2)$$

де  $\sum d_k$  - пропускна здатність контейнерного терміналу порту;

$\sum a_i$  - загальний запас вантажів в пунктах вивезення;

$\sum b_j$ , - потреби у вантажах в пунктах призначення.

При організації такого роду доставки за участі трьох видів транспорту (морський, автомобільний та залізничний) прагнення мінімізації не тільки сумарних транспортних витрат, але й мінімізації часу доставки всіх вантажних партій можливо шляхом використання комплексу методів лінійної та нелінійної оптимізації. Так, доцільним є використання методу послідовних поступок, де спочатку вирішуються лінійні транспортні задачі на мінімізацію загальних витрат перевезення  $S(X, Y) \rightarrow \min$  та на мінімізацію часу перевезень  $T(X, Y) \rightarrow \min$ , відповідно. Потім, на підставі отриманих рішень, декілька раз вирішується однокритеріальна задача на мінімізацію витрат  $S(X, Y) \rightarrow \min$  з додатковим часовим обмеженням  $T(X, Y) = T_0 + \Delta$  з встановленням «кроку» ( $\Delta$ ) цього обмеження для кожного наступного рішення. Надалі, за допомогою методу формалізованого аналізу, визначається оптимальність одного плану перевезень серед отриманих рішень.

Для наочності наведемо схему маршруту доставки вантажів до України у вигляді формалізованого орієнтованого графу (рисунок 1).

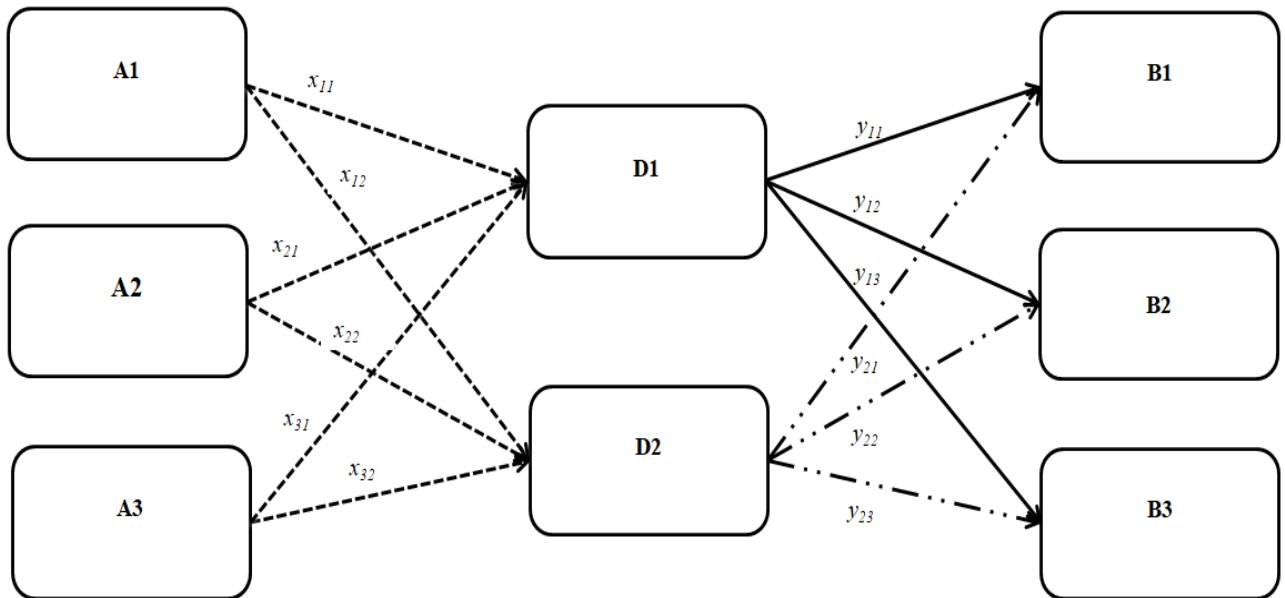


Рисунок 1 – Схеми маршрутів доставки вантажів зі змінними:

.....→ морський транспорт, — · · · → залізничний транспорт,  
 —————→ автомобільний транспорт

Так, на схемі введено наступні змінні:

- пункти відправлення – порти  $A_1, \dots, A_i, \dots, A_m$  відповідно;
- пункти призначення – споживачі на території України  $B_1, \dots, B_j, \dots, B_n$ ;
- пункти перевантаження, морські контейнерні термінали вітчизняних портів – проміжні пункти задачі,  $D_1, \dots, D_k, \dots, D_r$ ;
- $x_{ik}$  – кількість вантажу, яку слід перевезти з пункту  $A_i$  в  $D_k$ ;
- $U_{kj}$  – кількість вантажу, яку слід доставити з пункту  $D_k$  в  $B_j$ .

Для рішення задачі «крок» для додаткового обмеження  $T(X, Y) = T_0 + \Delta$  приймається в даному прикладі у десять годин, тобто  $\Delta = 10$ . Формалізовані результати рішення наведено на рисунку 2.

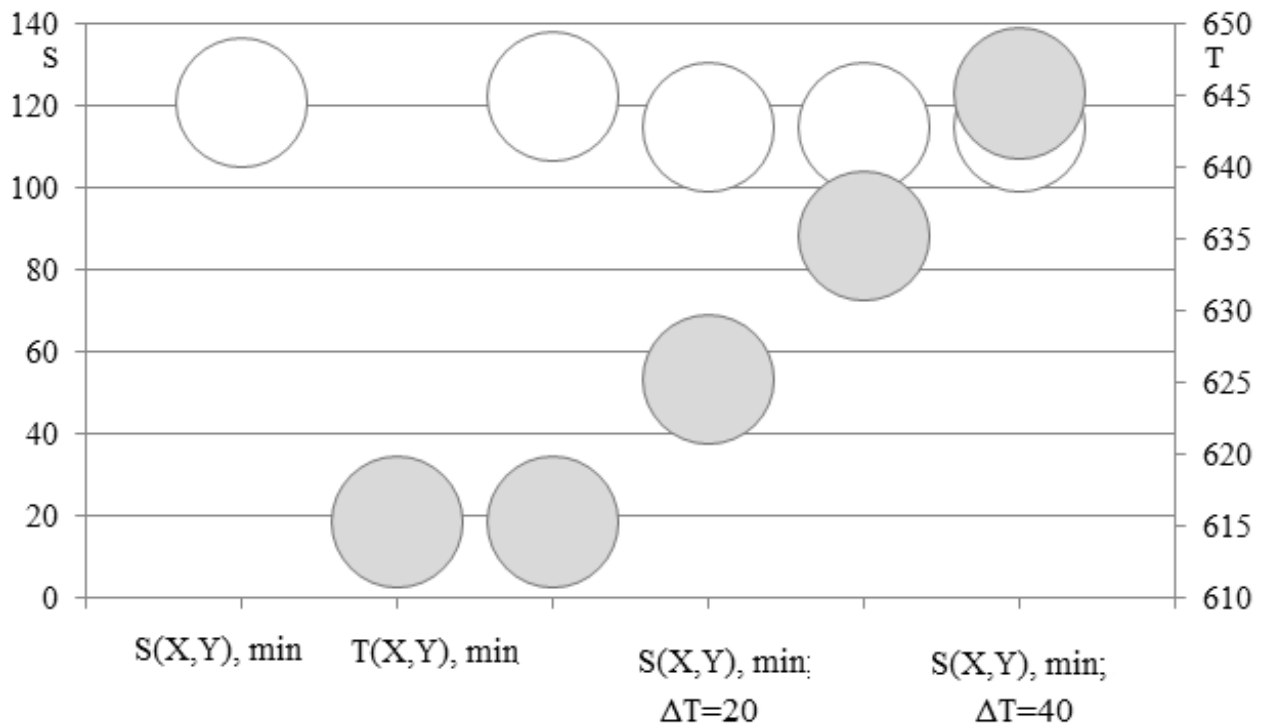


Рисунок 2.8 – Визначення оптимального плану перевезень: ланцюг білих кол - витрати, тис. дол. США, ланцюг сірих кол - час, години

Тож відповідно оптимальне рішення задачі забезпечується співвідношенням витрат та часу на доставку отриманих на другому «кроці» при  $T(X, Y) = T_0 + 20$ . Після цього етапу витрати вже не знижуються, а показники часу зростають. Згідно з оптимальним рішенням для забезпечення плану

перевезень виключаються по два напрямлення перевезень з пунктів відправлення до пунктів перевантаження та з пунктів перевантаження до споживачів відповідно. Використовуються всі три пункти відправлення у співвідношенні вантажопотоку 30 %, 30%, та 45 % відповідно. В плані братимуть участь обидва портових контейнерних термінала. При цьому в перший з них буде доставлено 25 % вантажопотоку, які будуть вивезені автомобільним видом транспорту до третього споживача. В другий портовий термінал також морським шляхом необхідно завезти 75 % вантажопотоку який буде вивезено залізничним транспортом до кожного споживача у співвідношенні 30 %, 30 % та 15 % відповідно. У порівнянні з рішенням окремих лінійних задач на  $S(X, Y) \rightarrow \min$  та на  $T(X, Y) \rightarrow \min$  отриманий план допомагає знизити витрати на перевезення майже на 7 % та скоротити показники витраченого часу майже на 20 %.

*e-mail:romakhvalentyna@gmail.com*

УДК 656

**Росич К.Є., студент, Кічкіна О.І. к.т.н., доц.**

Одеський національний морський університет, Одеса, Україна

## **АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ПЕРЕНАПРАВЛЕННЯ ВАНТАЖОПОТОКІВ В ЕКСПОРТНОМУ ТА ІМПОРТНОМУ НАПРЯМКУ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ В УКРАЇНІ**

З початком широкомасштабного вторгнення загарбника в Україну кількість проблем щодо стану транспортної інфраструктури, забезпечення руху вантажопотоків, виконання вантажних, пасажирських перевезень значно зросла. Агресор першочергово намагається захопити або цілковито знищити нафтобази, морські та річні порти, залізничні колії, що у свою чергу перешкоджає руху вантажопотоків в межах країни, а також в експортному та імпортному напрямках. Отже, під час воєнного стану постають задачі забезпечення функціональності транспортної інфраструктури, перенаправлення вантажопотоків як географічно, так і з одного виду транспорту на інший, пошуку нових логістичних схем, нових технологій доставки вантажів.

До війни морські порти України забезпечували 75% експорту (і 90% експорту сировини), наприклад, по зерну – 95,6%, чорним металам – 94,7%, олії – 90,2%. [1]. На цей час окупован або припинили свою роботу через бойові дії порти Маріупіль, Бердянськ Ольвія, Херсон, Миколаїв, Скадовськ (не враховуючи порти, що окуповані з 2014 року), заблоковані всі інші морські порти. В цих умовах більшість вантажопотоків переорієнтувалися на залізничний та автомобільний транспорт, оскільки функціонування авіаційних вантажоперевезень також припинено. Для експорту та імпорту залишається лише західний кордон та дунайські порти: Рені, Ізмаїл, Кілія, навантаження на які різко зросло.



Метою даного дослідження є аналіз можливостей перенаправлення вантажопотоків в експортному та імпортному напрямку в умовах війни в Україні.

Згідно до нещодавно розробленого спільно з Офісом президента та урядом документу під назвою "План економічного оновлення України" один з дев'яти принципів є налаштування логістичних маршрутів саме у західному напрямку [2].

АТ «Укрзалізниця» має намір збільшити щонайменше вдвічі пропускну спроможність західних залізничних прикордонних переходів із країнами Європейського Союзу [3].

З точки зору розробки нових логістичних схем постачання цікавим є напрямок через переходи: у напрямку Румунії (станції Рені, Джурджулешти, Ізмаїл, Вадул-Сірет із сумарною пропускну здатністю 150 вагонів на добу), у напрямку Польщі (станції Мацеїв, Мостиська-2 із сумарною пропускну здатністю 45 вагонів на добу), у напрямку Угорщини (станція Батьово із пропускну здатністю 17 вагонів на добу), у напрямку Угорщини та Словаччини (станція Чоп, Мукачево, Есень із сумарною пропускну здатністю 60 вагонів на добу). З раніше наведених країн та їх станцій вантаж надалі планується розвозити до портів та логістичних хабів європейських держав [4].

Ще одним, але не менш важливим шляхом впровадження нових маршрутів є налагодження співпраці з Туреччиною та Китаєм. Доля України в перевезенні вантажів з Китаю складала близько 3 відсотків в загальному обсязі. Основний маршрут проходить через Казахстан, Росію та Білорусь до Малашевича, якій є основним перевалочним терміналом на цьому маршруті. Проте, якщо ЄС вирішить запровадити санкції щодо російських залізниць або заборонити транзит через територію Росії, то Китай буде вимушений шукати інші альтернативні маршрути аби замінити зазначені країни у транспортному коридорі. В цій ситуації Одеса має можливість стати зоною порто-франко, транспортним хабом для подальшого експорту китайської продукції в ЄС.

Одним з напрямків підвищити обробку вантажів є створення сухих портів. Сухий порт- це мультимодальний логістичний центр з інфраструктурою, що надає власнику вантажу всі послуги з приймання вантажу, перевалки з одного виду транспорту на інший, зберігання, стафування та розстафування вантажів у контейнери, упаковки, перепакування та маркування вантажів, транспортно-експедиційні послуги, митне оформлення та інше, але без завантаження на судна. Ситуація, що сталася після 24 лютого прискорила організацію таких терміналів та спонукала до будівництва нових. Але треба враховувати, що діючих і нових сухих портах значно збільшуються обсяги вантажів, що обробляються, що призводить до нестачі обладнання, простою транспортних засобів, виникненню технологічних проблем та браку персоналу, ускладнення обліку, процесів оформлення вантажів. Виникає необхідність автоматизації процесу, розробки нових технологій, впровадження прискорених курсів підготовки персоналу [5].

Що стосується відновлення роботи Чорноморських портів, допустимим шляхом-вирішенням є домовленість із країнами-союзниками щодо погодження певного військового супроводу суден в українські порти і розмінування морських шляхів.

Висновки. Проведений аналіз проблем, що постали перед транспортною системою країни, дав можливість визначити заходи, які є необхідними і першочерговими для переорієнтації вантажних потоків. А саме: будівництво нових потужностей для перевалки вантажів на західних кордонах, вирішення проблеми переходу з української ширини колії на європейську, забезпечення залізничних вантажоперевезень тягою, будівництво нових терміналів («залізних» та «сухих»), забезпечення їх технічними засобами, засобами автоматизації процесів, розробки нових технологій, впровадження прискорених курсів підготовки персоналу. Враховуючи, що основним експортними вантажами є, і будуть ще довгий час залишатися, зернові вантажі постає задача залучення спеціалізованих автотранспортних засобів для перевалки зерна у пунктах переходу. З точки зору контролюючих та організаційних заходів

необхідно запровадити певні спрощення, а саме: спрощений механізм подовження строку дії договорів про подачу та відправлення вагонів (про експлуатацію залізничних під'їзних колій), спрощення правил обслуговування залізничних під'їзних колій, здійснити перехід на електронний документообіг, узгодити форми документів відповідно з європейськими митними, залізничними та обліковими системами.

### Література

1. Вантажооборот морських портів України скоротився на 420 тис. т на добу.  
URL: <https://gmk.center/ua/news/vantazhooborot-morskih-portiv-ukraini-skorotivsia-na-420-tis-t-na-dobu/> (дата звернення 10.05.2022)
2. Представлено план економічного оновлення України URL:  
<https://www.activeobukhiv.site/predstavleno-plan-ekonomichnoho-onovlennia-ukrainy/15029/> (дата звернення 05.05.2022)
3. УЗ має намір подвоїти пропускну здатність західних залізничних переходів  
URL: <https://gmk.center/ua/news/uz-maie-namir-podvoiti-propusknu-zdatnist-zahidnih-zaliznichnih-perehodiv/> (дата звернення 10.05.2022)
4. УЗ забезпечить експорт українського зерна, бо українські порти заблоковані  
URL: <https://www.epravda.com.ua/news/2022/03/6/683395/>
5. Сухий порт: як забезпечити оперативну логістику в умовах війни  
<https://mind.ua/openmind/20238657-suhij-port-yak-zabezpechiti-operativnu-logistiku-v-umovah-vijni> (дата звернення 10.05.2022)

*e-mail: od4pokich@gmail.com*

*e-mail:ki4kinaoi@ukr.net*

УДК 629.017:65

<sup>1</sup>Сакно О.П., к.т.н., доц., <sup>2</sup>Медведєв Є.П., к.т.н., доц.

<sup>1</sup>Паньків В.В., студент

<sup>1</sup> Відокремлений структурний підрозділ «Дніпровський фаховий коледж інженерії та педагогіки» Державного вищого навчального закладу «Український державний хіміко-технологічний університет», Україна

<sup>2</sup> Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗВИТКУ ІНФРАСТРУКТУРИ В УКРАЇНІ

Станом на 1 січня 2022 року в Україні зареєстровано 33522 електромобілі. Порівняно з попереднім місяцем, що завершився на позначці 32662 од. електромобілів, приріст склав 860 одиниць. У статистиці, отриманій з Головного сервісного центру МВС, враховано як нові, так і вживані машини, що ввозяться офіційними імпортерами та приватними особами [1].

Таким чином, за грудень кількість електромобілів в Україні зросла на 2,6%. З таким темпом 2-3% щомісяця ринок електромобілів в Україні зростає практично весь 2021 рік.

Починаючи з 2020 р. інфраструктура для електромобілів в Україні змінилася і наскільки зручно стало пересуватися на електричному транспорті між містами.

За цей час кількість електромобілів у країні зросла в чотири рази – з 5,6 тис. до 27,3 тис. Такі цифри наводять Мінінфраструктури та асоціація "Укравтопром" [2].

Кожен рік українці купували в середньому по 7,2 тис. електричні автомобілі. Суттєве зростання попиту на електричні автомобілі відбулося у 2018 році, коли з 1 січня був скасований ПДВ на імпорт таких транспортних засобів. Ще раніше було скасоване мито 10%.

Проте одна з причин відмови від придбання електричних автомобілів, яку часто називають автолюбителі, це відсутність інфраструктури в країні.

Починаючи з 2020 р. значно збільшилася кількість зарядних станцій у країні.

У 2017 році до мережі «AutoEnterprise» (перша компанія, що пропонує весь асортимент і спектр послуг по електромобілях [3]) було підключено 1417 од. зарядних станцій (рис. 1). Зараз їх понад 3 тис. одиниць. Інша мережа – «Тока» (мережа публічно-доступних зарядних станцій для електромобілів, проект, що реалізується приватною українською компанією для розвитку електромобільного транспорту в Україні [4]) – збільшила кількість зарядних станцій з 62 до 484 од (рис. 2).

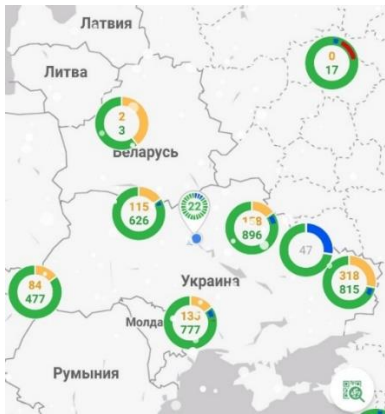


Рисунок 1 – Мережа зарядних станцій «Автоентерпрайз» [2]



Рисунок 2 – Мережа зарядних станцій «Тока» [4]

На початку 2018 року з’явилася мережа електрозаправних станцій YASNO E-mobility, підрозділ компанії ДТЕК [5]. Мережа нараховує 28 станцій (рис. 3).



Рисунок 3 – Мережа зарядних станцій YASNO E-mobility [5]



Рисунок 4 – Структура українського ринку електрокарів та гібридів [6]

Інфраструктура в Україні, особливо швидкісних зарядок, однозначно покращилася. Власники електромобілів потребують швидких (від 50 кВт) і супершвидких (від 100 кВт) зарядних станцій саме на трасах. Використання

перших дозволяє лише за 30 хв. поповнити запас ходу на 125-140 км. За цей же час станція потужністю 120 кВт дасть 270 км ходу.

Зараз на трасах Київ-Львів, Київ-Одеса, Київ-Полтава працюють мережа заправок.

Ринок в Україні сам себе регулює. Хоча активної підтримки держави в розбудові інфраструктури немає, тому цей ринок розвивається за законами попиту і пропозиції.

Попри розвиток зарядної інфраструктури, типові проблеми під час її використання залишаються. Це збої в роботі додатків мереж зарядних станцій, проблеми з розпізнаванням автомобілів, помилки зарядних пристроїв під час зарядки.

Низька «культура зарядки», що надзвичайно актуальний для українського власника електромобіля. Сучасна зарядна станція має високу «культуру зарядки», якщо водій електромобіля через додаток, наприклад, забронював зарядну станцію.

Попит на високу культуру зарядних станцій зростає і з боку власників дорогих електрокарів.

Так разом із зростанням кількості електромобілів частка Nissan Leaf за останні три роки скоротилася з 85% до 60%. Українці дедалі частіше обирають більш технологічні марки з великим запасом ходу.

Це Tesla. Перші моделі Tesla дозволяють пересуватися на одній зарядці на відстань до 240 км, а з 2019 року випуску – до 700 км.

Еволюціонувала й пропозиція від офіційних дилерів (рис. 4): з'явилися Jaguar I-PACE (470 км), Audi e-tron GE (287-365 км), Hyundai IONIQ Electric (294 км), BMW i3 (290-359 км).

У власників дорогих електромобілів більш високі вимоги до якості роботи зарядних станцій, тому мережі вимушені підвищувати якість сервісів.

Встановлення станції для зарядки електромобіля – це дуже актуально. Власники таких авто облаштовують станції для себе в підземних паркінгах, біля приватних будинків і навіть поруч з під'їздами. Встановлюють станції власники ресторанів, готелів, стоянок, супермаркетів і ті, хто бачать у цьому можливість заробити.

Таким чином, основні фактори, що зумовлюють зростання ринку зарядних пристроїв для електромобілів, це введення жорстких норм викидів та економії пального, державні стимули та збільшення продажу електромобілів, що створює попит на зарядні станції.

В загалі електромобілі змінюють транспортний сектор у всьому світі, різко скорочуючи викиди вуглекислого газу та відкриваючи шлях для значного прогресу в кліматі.

### Література

1. В Україні продовжує зростати кількість електромобілів [Електронний ресурс] : сайт «Auto24t». – Режим доступу: [https://auto.24tv.ua/v\\_ukraini\\_prodivzhuie\\_zrostaty\\_kilkist\\_elektromobiliv\\_n3588](https://auto.24tv.ua/v_ukraini_prodivzhuie_zrostaty_kilkist_elektromobiliv_n3588)  
3. – Назва з екрану.
2. Прошло три года: как изменилась зарядная инфраструктура для электромобилей [Електронний ресурс] : сайт «Українська правда». – Режим доступу: <https://www.epravda.com.ua/rus/publications/2021/02/8/670779/>. – Назва з екрану.
3. Історія компанії [Електронний ресурс] : сайт «Autoenterprise». – Режим доступу: <https://autoenterprise.ua/pages/about/ua.html>. – Назва з екрану.
4. Первая национальная сеть электрозаправочных комплексов «Тока» [Електронний ресурс] : сайт «Тока». – Режим доступу: <https://toka.energy/>. – Назва з екрану.
5. Мережа зарядних станцій [Електронний ресурс] : сайт «Yasno». – Режим доступу: <https://yasno.com.ua/charge-stations>. – Назва з екрану.
6. Аналіз ринку електромобілів [Електронний ресурс] : сайт «Irsgroup». – Режим доступу: <http://irsgroup.com.ua/>. – Назва з екрану

*e-mail: sakno-olga@ukr.net*

УДК 621.793

**Рибалко І.М. д.т.н., Тіхонов О.В. к.т.н., доц., Захаров А.В. аспірант**

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

## **НАПЛАВЛЕННЯ ПОКРИТТІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ МОДИФІКУЮЧОЇ ДОМІШКИ - ДЕТОНАЦІЙНОЇ ШИХТИ**

Детальний аналіз впливу на структуроутворення різних вуглецевісних домішок показав, що незалежно від розміру їх фракцій модифікуючі суміші є ефективними. Найбільший внесок в подрібнення зерен і формування хвилястої границі сплавлення з основою при кристалізуванні вносять наноалмази. В детонаційній шихті від утилізації боєприпасів формується як нано- так і дисперсні алмази, тому можливо припустити те, що буде ефективно використання такого матеріалу для модифікування при відновленні деталей наплавленням.

Метою досліджень була оцінка ефективності зміцнення модифікуванням детонаційною шихтою, доцільно оцінити їх розподіл в зонах наплавлення і перехідного шару покриття, щоб забезпечити підвищення необхідних показників міцності, твердості і зносостійкості виробів.

Для цього було необхідно: розподілити отриману шихту по фракціям, складу і запропонувати її для різних напрямків використання; оцінити розподіл компонентів, які були введені з наплавленням дротом і домішкою детонаційної шихти.

При наплавленні використовували немагнітну детонаційну шихту з максимальним розміром зерен до 20мкм від утилізованих патронів. Модифікуючу домішку наносили на дріт ER-321 з формуванням на ньому чарунок для дозованого її введення у рідку ванну. Такий дріт обраний в зв'язку з тим, що розглядали варіант відновлення деталей з нержавіючої сталі.

Локальним спектральним аналізом встановлено, що в нанесеному шарі, вміст виявлених компонентів досить близький. Коливання в концентрації



основних компонентів, що входять до складу дроту, в середньому, складають %: 0,06C; 0,8Si; 1,7Mn; 19,0Cr; 9,0Ni, 0,6Ti%.

Відновлений наплавленням шар відрізняється однорідністю за розподілом вуглецю, кремнію, титану та алюмінію. У цьому шарі виявлена мінімальна частка сірки і міді.

Незначні коливання характерні для розподілу марганцю (0,99-1,24%), що може бути пов'язано з формуванням дисперсних неметалевих включень MnS (тільки в таких зонах виявлено вміст сірки, який дорівнює 0,02-0,07%).

Аналізуючи дані розподілу компонентів в перехідній зоні відновленого шару при підвищенні частки такої шихти, алмази, осідають на границі такого шару та майже повністю покривають її і, при цьому, не формується хвиляста структура сплавлення.

В порівняннях з концентрацією компонентів основи, відзначаються такі зміни: вуглець зростає на 30% в порівнянні з іншими зонами покриття, що свідчить про підвищення осадження наноалмазів, які містяться в шихті, на дно рідкої ванни.

Це також підтверджується і тим, що в цих зонах додатково виявлено кисень, концентрація якого досить близька 0,94-1,0%, а цей компонент покриває наноалмази, отримані детонаційним методом.

Характерним для перехідного шару при оптимальних домішках такого модифікатора є зниження концентрацій хрому і нікелю, які не перевищують 5-10% від їх частки в наплавленому шарі (знижується до 3,97 і 1,15 відповідно). Разом з тим, їх концентрація вздовж перехідної зони досить однорідна.

Наявність таких компонентів в перехідній зоні визначає їх дифузією при наплавленні, що забезпечує підвищену міцність зчеплення. У цій зоні знижується концентрація марганцю до 0,46% і кремнію до 0,08%. Їх частка визначається вмістом компонентів основного металу.

Крім того, в перехідній зоні відсутні алюміній, титан і мідь, які були в невеликій кількості внесені в наплавлений шар разом з дротом і модифікуючою шихтою.

На глибині 70 мкм від зони сплавлення концентрація хрому не перевищує 0,21%, а нікель відсутній, тобто на цій глибині вже повністю відсутні дифузійні процеси з підкладки. В основному металі додатково виявлено лише кремній (0,09) і марганець (0,53%).

Статистичний аналіз наплавленої зони, а в ряді випадків і - перехідної, додатково виявили наявність натрію. Аналізом встановлено, що компоненти Na, O, Ti, Al, S розподілені нерівномірно, тобто не у всіх аналізованих зонах вони виявляються. У перехідній зоні відзначається збільшення частки вуглецю (в середньому, до 25%). Одночасно з'являється кисень до (1,1%), що підтверджує наявність дисперсних алмазів, які осідають.

Оптимальною концентрацією модифікуючої домішки детонаційної шихти є - 5-7%, яка забезпечує незначну кількість осадження дисперсних алмазів на границю наплавленої зони з основним металом деталі, що формує її хвилясту структуру і значно підвищує міцність зчеплення. Для забезпечення такого ефекту здійснювали дозоване введення шихти в процесі наплавлення.

Чітко видно, що при оптимальній долі введення модифікуючої домішки границя розподілу формується хвилястою. Це забезпечує високу міцність зчеплення покриття з основою.

У разі невикористання дозованого введення модифікуючої домішки відзначається осадження дисперсних алмазів в рідкій ванні на її дно – границю шарів з можливою появою тріщин і формуванням неоднорідної структури.

Розроблена технологія підвищення експлуатаційних властивостей покриттів з використанням детонаційної шихти для модифікування захищена патентом України №98213.

Виконано дослідження по модифікуванню відновленого шару введенням детонаційної шихти від утилізації боєприпасів, що містять алмази різних фракцій. Дослідження проведені при відновленні деталей з наплавкою дротом марки ER-321 (легований 16,0-19% Cr, 5-9% Ni та 0,5-0,7% Ti).

Локальним мікрорентгеноспектральним аналізом показано, що модифікуючі домішки не змінюють ліквідації компонентів в покритті при використанні різних за складом дротів (з модифікуючою домішкою та без неї).

Найбільший вплив введення таких домішок мають на перехідну зону покриття - основний метал, а також спосіб її внесення. Показана необхідність коригування частки домішки. Оптимальною є домішка в кількості 5-7% від частки дроту.

Порівняльні дослідження способів модифікування нанесенням шлікерного покриття і дозованим введенням порошку спільно з дротом показали ефективність останнього. Такий підхід забезпечив незначне осідання алмазних включень з формуванням хвилястою структури перехідного шару розміром 15-20мкм. Це підтверджено мікрорентгеноспектральним аналізом. Виявлено деяке підвищення вуглецю і кисню.

Аналіз дефектних зон на границі покриття-основа показав, що без використання модифікуючих домішок для покриттів та в разі при введенні зі збільшеною її часткою формуються дефекти у перехідній зоні покриття - основа. У першому випадку також формується різка і рівна поверхня зчеплення, а в другому - скупчення включень, які вводяться з шихтою, а також має місце не якісне зварювання шарів.

*e-mail: irybalko.ua@gmail.com*

## Секція 2

### ТРАНСПОРТНІ ЗАСОБИ (ЗА ВИДАМИ ТРАНСПОРТУ)

УДК 629.4.027.115

**Волошин Д.І., к.т.н., доц., Волошина Л.В., к.т.н.**

Український державний університет залізничного транспорту, Україна

### ОСОБЛИВОСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ СУЧАСНИХ КОНСТРУКЦІЙ БУКСОВИХ ВУЗЛІВ

Буксовий вузол є однією з критичних складових частин вагону з точки зору забезпечення його надійності в цілому. Згідно багаторічних статистичних даних, він займає друге місце після гальмівного обладнання як причина відмови вагону в експлуатації та фактичної потреби у проведенні позачергових відчеплень та ремонту.

Основним елементом вагонного буксового вузла є блок підшипників. Підшипникові елементи сприймають статичні та динамічні навантаження, що передаються на залізничну колію від кузова вагону в порожньому та навантаженому стані при різних режимах експлуатації. Виникнення знакозмінних навантажень при проходженні стиків залізничної колії та входженні вагонів у криві ділянки колії створюють передумови для виникнення великої кількості експлуатаційних відмов та пошкоджень буксового вузла. Важливим фактором, що сприяє виникненню відмов є і некоректні дії обслуговуючого персоналу при проведенні технічного обслуговування та ремонту вагонів. Підшипник у зібраному стані може мати невідповідність радіальних і осьових зазорів нормативним значенням. Такі невідповідності в подальшій експлуатації викликають розвиток несправностей у часі, з переходом буксового вузла у непрацездатний стан. Додатково на надійність підшипників впливає велика кількість факторів: зовнішні умови експлуатації, стан мастила, герметичність вузла, особливості монтажу та демонтажу, якість вхідного

контролю складових частин в процесі технічного обслуговування та ремонту та ін.

Для дослідження фактичного стану надійності підшипникових вузлів було запропоновано використання методу «Дерева відмов». Його інструментарій дозволяє провести детальний аналіз чинників, що сприяють виникненню пошкоджень та відмов окремих складових, які в подальшій експлуатації з певною імовірністю приведуть до відмови вузла. «Дерево відмов» є основою для розробки логіко-імовірнісних моделей причинно-наслідкових зв'язків відмов складних систем з відмовами їх елементів та іншими подіями (впливами). Аналіз виникнення відмови складається з послідовностей і комбінацій порушень і пошкоджень (рис. 1). Таким чином воно являє собою багаторівневу графологічну структуру причинних взаємозв'язків, отриманих в результаті простеження небезпечних ситуацій в зворотному порядку, для того щоб відшукати можливі причини їх виникнення.



Рисунок 1 – Загальний алгоритм побудови дерева відмов

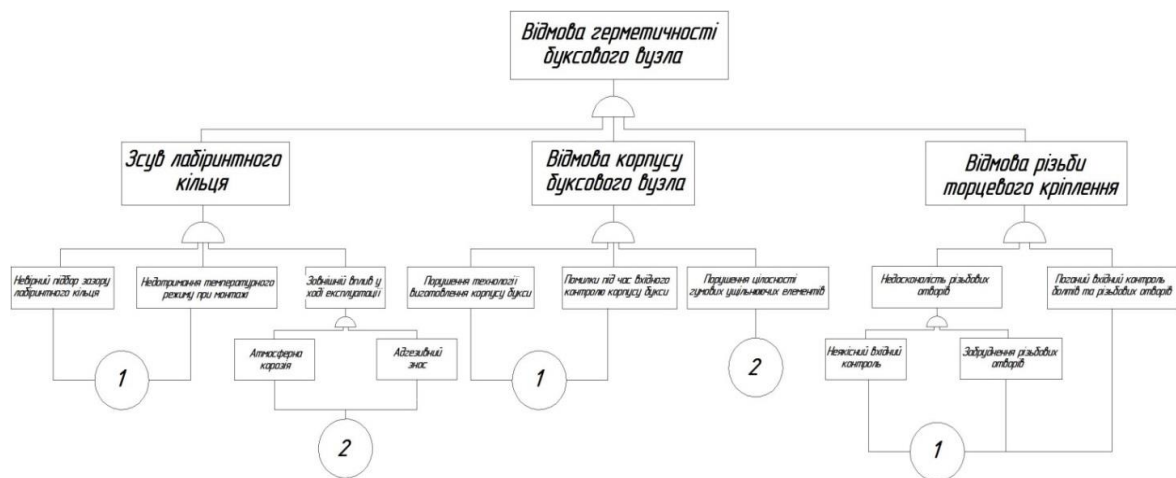
Використання даного методу дозволяє мати дієвий інструментарій оцінювання рівня надійності буксових вузлів вагонів на різних стадіях життєвого циклу. На основі моделювання сценаріїв поведінки вузла в експлуатації можна рекомендувати нові варіанти конструктивних рішень з урахуванням забезпечення визначених параметрів надійності.

Вважаючи, що кожен елемент букси може знаходитися тільки в двох несумісних станах: працездатному ( $\delta_k^1 = x_k$ ) і непрацездатному ( $x_k^0 = x'_k$ ), її стан будемо характеризувати  $m$ -мірним вектором:

$$H_m = \{x_1, x_2, \dots, x_k, \dots, x_m\} \quad (1)$$

Це відповідає тому, що на безлічі  $\{X\}$  задається визначена булева функція, що у математичній теорії надійності часто називається структурною функцією або функцією працездатності системи.

Тобто, якщо всі елементи букси працездатні, то і вона сама в цілому працездатна, а якщо всі її елементи відмовили, то і вона в цілому знаходиться в стані відмови.



1 – людський фактор; 2 – вплив несприятливих погодних умов

Рисунок 2 – Приклад реалізації моделі дерева відмов

В результаті розрахунків було визначено ймовірності відмов основних складових буксового вузла: корпусу букси, підшипникового вузла, кріплення буксового вузла. Отримані дані дають змогу розробити рекомендації з підвищення експлуатаційної надійності вагонів.

УДК 629.4.015:656.2.08

**Дьомін Ю.В., д.т.н., проф., Дьомін Р.Ю., д.т.н.**

**Черяк Г.Ю., к.т.н., с.н.с., доц., Сергієнко О.В., к.т.н., доц.**

Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, Україна

## **ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ДОПУСКУ ДО ЕКСПЛУАТАЦІЇ РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ УКРАЇНИ**

Досвід, набутий в процесі впровадження в експлуатацію електропоїздів HRCS2 [1] та вагонів на візках з розсувними колісними парами [2], свідчить про нагальну необхідність удосконалення системи допуску до експлуатації швидкісного рухомого складу з урахуванням досягнень залізниць світу, зокрема країн Євросоюзу, які мають значні напрацювання щодо використання рухомого складу з конструкційними швидкостями 160-200 км/год і вище. Існуюча система допуску рухомого складу на залізниці України базується на застарілій нормативній документації нав'язаній у свій час вітчизняним залізницям через так званий «простір 1520», до того ж такої, що не передбачає вимог до швидкісного рухомого складу [3].

З огляду на відсутність нормативної бази щодо допуску до експлуатації швидкісного рухомого складу, природним є запозичення досвіду залізниць, що освоїли швидкісний і високошвидкісний рух. Таким чином процеси оновлення чинної нормативної бази стосовно введення в експлуатацію рухомого складу мають ґрунтуватись на принципах інтеграції та гармонізації вітчизняних керівних документів з відповідними актами країн ЄС, таких як європейські норми (EN), технічні вимоги інтероперабельності (TSI), Пам'ятки ОСЗ та UIC.

З порівнянь нормативних вимог стосовно оцінки динамічних якостей та дії на колію рухомого складу колії 1520 мм, з одного боку, та відповідних європейських нормативних документів, з другого, встановлено значне розходження у підходах як до розрахункових випадків, так і до оцінки ходових

властивостей рухомого складу [4]. Щодо розбіжностей у нормативних вимогах слід зауважити, що, наприклад, оцінка показників безпеки руху за нормами для колій 1520 мм ведеться за методикою, яка не відображає дійсних умов, які підвищують ризики щодо сходу локомотивів і вагонів з рейок, оскільки не враховується часовий фактор. Тому в справі оновлення вітчизняної нормативної бази логічним є шлях імплементації положень міжнародних норм і стандартів в систему приймання та допуску до експлуатації рухомого складу показників безпеки руху транспортних засобів.

Для оцінки умов гарантованої безпеки руху рейкових екіпажів, конструкційна швидкість яких перевищує 160 км/год, поряд з традиційними оцінками, рекомендуються до застосування наступні критерії:

- критична швидкість щодо автоколивальних виляння рухомого складу, котра визначається шляхом комп'ютерного моделювання власних просторових коливань досліджуваних екіпажів [4];

- критерій стійкості рухомого складу від сходження з рейок у вигляді відношення бокової сили  $Y$  до вертикальної  $Q$ , які діють на напрямне колесо – критерій Надаля (Nadal) [5];

- критерій стійкості рейко-шпальної решітки від зсуву внаслідок дії рухомого складу на залізничну колію сумарними напрямними силами – критерій Прюдодма (Prudhomme) [5];

- критерій безпеки руху рухомого складу за горизонтальними поперечними прискореннями рами візка [6].

Удосконалення процедур випробувань рухомого складу. Спираючись на нормативні вимоги щодо порядку і методів проведення випробувань західноєвропейського рухомого складу, пропонується удосконалити систему випробувань рухомого складу залізниць України. При цьому доцільно переглянути методичні підходи до формування процедурних завдань і оновити способи та засоби натурних випробувань. Виходячи з цього положення необхідно систематизувати підходи до експериментальної оцінки міцнісних та динамічних характеристик рухомого складу, передбачивши проведення



комплексу випробувань, за результатами яких мають вирішуватись питання допуску до експлуатації. Комплексні випробування мають включати стаціонарні, міцнісні та ходові динамічні випробування за процедурами, що враховують рекомендації відповідних нормативних документів ЄС.

Стаціонарні випробування, окрім поколісного зважування і скидання з клинів, мають включати визначення опору повороту візків відносно кузова в горизонтальній площині. Визначення характеристик опору повороту візків відносно кузова виконується з метою оцінки одного з критеріїв доказу безпеки руху екіпажу, яким є показник  $X$  [5]. Вимірювання обертового моменту проводяться на спеціальному стенді [4].

Випробування на міцність і стійкість несівних конструкцій мають складатись зі статичних і динамічних випробувань, стендових випробувань на опір утомі й випробувань на співударяння [7].

Умови ходових динамічних випробувань передбачають дослідні поїздки на прямолінійних і криволінійних ділянках колії. Випробування відбуваються на експлуатаційних лініях. Обов'язковою вимогою є наявність кривих з радіусами 250...400 м. Фіксованих ділянок колії у зоні випробувань повинно бути не менше як 25. Залежно від плану колії довжина вимірних ділянок колії становить від 70 до 500 м.

Під час випробувань колеса повинні мати профілі поверхонь кочення, котрі відповідають природному спрацюванню у процесі експлуатації. Нові екіпажі, для яких невідома картина спрацювання коліс в експлуатації, попередньо випробовуються з новими профілями коліс. Остаточні висновки щодо їхніх динамічних властивостей формулюються після випробувань з колесами, що мають експлуатаційні спрацювання.

Припускається, що профілі коліс повинні відповідати розрахунковим значенням еквівалентної конусності  $\tan \gamma_e$  [8]. Для певної колісної пари, що рухається рейковою колією, еквівалентна конусність дорівнює тангенсу кінцевого кута профілю такої колісної пари, котра має поперечний рух з тією за довжиною хвилею виляння, як і колісна пара, що розглядається. Цей параметр

узагальнює характеристики геометричної взаємодії колісних пар з рейками, які мають суттєвий вплив на динамічну поведінку того чи іншого екіпажа. Високий рівень еквівалентної конусності підвищує можливість сходження колісних пар з рейок. Максимальні значення еквівалентної конусності в залежності від швидкості руху становлять від 0,5 при  $v \leq 140$  км/год до 0,15 при  $v \leq 350$  км/год.

Ефективне використання сучасних методів і засобів комп'ютерного моделювання для оцінки міцності несівних елементів екіпажних частин та їх динамічних якостей суттєво підвищує вірогідність отримання відповідних характеристик реальної конструкції. За Пам'яткою UIC 518 для застосування чисельного моделювання визначені три області [6]. Це: процедура приймання для вдосконалених залізничних транспортних засобів; процедура приймання нового залізничного транспортного засобу в порівнянні зі вже прийнятою базовою конструкцією; доповнення ряду умов випробувань, коли повна програма випробувань не була завершена. В цих сферах вважається доцільним використання чисельного моделювання замість випробування на колії.

Через принципові відмінності вітчизняної системи оцінки динамічних показників безпеки руху поїздів від європейських стандартів і відсутність нормативних документів з розробки та допуску до експлуатації швидкісного рухомого складу належить удосконалити відповідну нормативну базу шляхом застосування сучасних методів і засобів оцінки характеристик екіпажних частин, що ґрунтуються на світовому досвіді виробництва та випробувань нової залізничної техніки.

Методики випробувань рухомого складу на відповідність вимогам оновленої нормативної бази поряд з застосуванням традиційних процедур мають передбачати визначення характеристик опору повороту візків відносно кузова, вимірювання сил взаємодії коліс і рейок, виконання ходових випробувань транспортних засобів з новими і спрацьованими колісними парами.

## Література

1. Domin R. Estimation of Dynamic Performances of the Safe Operation of High-

- Speed Electric Train / R. Domin, Iu. Domin, G. Cherniak // Archives of Transport. – 2017. – Vol. 41, Iss. 1. – P. 7-16.
2. Дьомін Р.Ю. Впровадження AGCS-технологій – шлях до інтеграції залізниць України в європейську транспортну мережу / Р. Ю. Дьомін, Ю. В. Дьомін // Вагонний парк. – 2017. – № 5-6 (122–123). – С. 20-23.
  3. Сучасні підходи до нормативних оцінок міцності несівних елементів екіпажних частин, динамічних якостей локомотивів та їх дії на колію / І.Є. Батюшин, С.Г. Грищенко, Р.Ю. Дьомін, Ю.В. Дьомін, Г.Ю. Черняк // Локомотив-Інформ. – 2010. – № 2. – С. 24-27.
  4. Динаміка та безпека швидкісного руху рейкових транспортних засобів / Р.Ю. Дьомін, Ю.В. Дьомін, Г.Ю.Черняк, В.С. Ноженко. – Івано-Франківськ: НАІР, 2021. – 172 с.
  5. EUROPEAN STANDARD EN 14363. Railway applications — Testing for the acceptance of running characteristics of railway vehicles — Testing of running behaviour and stationary tests.
  6. UIC Code 518. Testing and approval of railway vehicles from the point of view of their dynamic behaviour — Safety — Track fatigue — Ride quality.
  7. UIC Code 615-4.Motive power units – Bogies and running gear – Bogie frame structure strength tests.
  8. UIC Code 519. Method for determining the equivalent conicity.

*e-mail: domin1520.1435mm@gmail.com*

УДК 629.454

**Ковтанець М.В., к.т.н., доц., Сергієнко О.В. к.т.н., доц.,  
Ноженко В.С., к.т.н., доц., Ковтанець Т.М., асп., Колесник О.Ю., студ.**

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Україна

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА КОЕФІЦІЄНТ ЗЧЕПЛЕННЯ**

Зчеплення має складну фізичну природу контактної молекулярно-механічної взаємодії коліс із рейками. Більше того, локомотив є складною динамічною нелінійною коливальною системою, схильною до обурливих впливів випадкового характеру, що ускладнює чисельне визначення сил, що зумовлюють зчеплення.

До факторів, які істотно впливають на величину коефіцієнта зчеплення, прийнято відносити такі [1-3]:

- наявність забруднення на головці рейок;
- площа контакту між колесом та рейкою;
- геометричні параметри рейкової колії (наявність кривих, підйомів, спусків);
- вплив зовнішнього середовища (температура, вологість повітря та інші).

Майже всі дані по фізичному коефіцієнту зчеплення отримані експериментально. У лабораторних умовах при терті сталі по сталі його значення доходять до 0,6-0,7 [3]. Однак на практиці фізичні коефіцієнти зчеплення, заміряні на залізницях, мають значний розкид і рідко перевищують значення 0,4-0,45, зареєстровані та нижчі значення аж до 0,06 [4, 5]. Основною причиною їх зниження є забруднення поверхонь катання рейок і коліс маслами, пилом у поєднанні з водою, залишками піску, опалим листям, продуктами зношування поверхонь тощо.

Зниження тягових можливостей контакту колеса з рейкою зі збільшенням швидкості кочення пояснюють двома основними причинами. По-перше,

збільшенням інтенсивності динамічних процесів у системі «колесо-рейка». По-друге, явищами, пов'язаними з тривалістю контактування та пластичністю матеріалів колеса та рейки. Щодо останньої причини, то можливості її усунення видаються вельми обмеженими, тоді як перша, пов'язана з динамічними характеристиками екіпажу, цілком піддається управлінню [1].

З метою вивчення впливу вертикального та горизонтального динамічного навантаження на максимальний коефіцієнт зчеплення та представлення графічних залежностей для трьох станів контакту колеса та рейки проводились експериментальні дослідження у режимі реалізації сили тяги між колесом та рейкою. Проведенню випробувань передувала підготовка поверхонь контакту колеса і рейки для забезпечення трьох станів: чистого сухого (I), змоченого водою (II), забрудненого мастильними матеріалами (III). Дослідження проводились на стендовій установці «Колесо-рейка» на кафедрі залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля [6, 7].

Діапазон змін значень коефіцієнта динаміки  $k_d$  та відносного поперечного ковзання  $\varepsilon_y$  у проведених дослідах визначено на підставі аналізу апріорної інформації з експлуатаційних характеристик локомотива та з урахуванням можливостей розробленої стендової установки. При цьому  $k_d$  змінювався від 0 до 0,4, а  $\varepsilon_y$  від 0 до 1%. Вертикальне динамічне навантаження та горизонтальна поперечна швидкість колеса по рейці змінювалися за гармонічним законом:

$$P_g = P_{st} (1 + k_d \sin wt); V_y = Aw \cos wt = 2A\pi f \cos 2\pi ft; \quad (1)$$

де  $P_{st} k_d$  – амплітуда вертикального навантаження;

$A$  – амплітуда переміщень колеса щодо рейки;

$f$  – частота поперечних коливань.

Дослідні значення максимального коефіцієнта зчеплення визначаються за формулою:

$$\psi_{max} = \frac{F_{c.max} - F_{in}}{P_{st}}; \quad (2)$$

де  $F_{c.max}$  – максимальна сила зчеплення, виміряна в момент початку боксування тензодинамометром на магніторейковому гальмі;

$F_{in}$  – інерційна покривка на силу зчеплення, що визначається виразом  $F_{in} = m_r w_r$ , де  $m_r$  – маса рейки ( $m_r = 810$  кг);

$w_r$  – прискорення рейки в момент вимірювання сили зчеплення.

Крім цього метою стендових випробувань була перевірка методики визначення тягових якостей локомотива з використанням для цього критерію, названого коефіцієнтом запасу по зчепленню  $\tau$ .

Для цього в процесі проведення випробувань щодо визначення впливу динамічних навантажень на максимальний коефіцієнт зчеплення визначався коефіцієнт запасу по зчепленню для коефіцієнта тяги  $k_0=0,7$ .

На рис. 1 представлені залежності коефіцієнта запасу по зчепленню від коефіцієнта вертикальної динаміки  $k_d$  та відносно горизонтального ковзання  $\varepsilon_y$ , побудовані для середніх значень  $\tau_{0,7}$ , отриманих у процесі дослідів. Аналіз отриманих результатів свідчить про значний вплив динамічних навантажень коефіцієнта запасу по зчепленню. Так збільшення коефіцієнта вертикальної динаміки від 0 до 0,4 зменшує  $\tau_{0,7}$  на 17%, а збільшення відносного поперечного ковзання від 0 до 1,0% зменшує  $\tau_{0,7}$  на 25%.

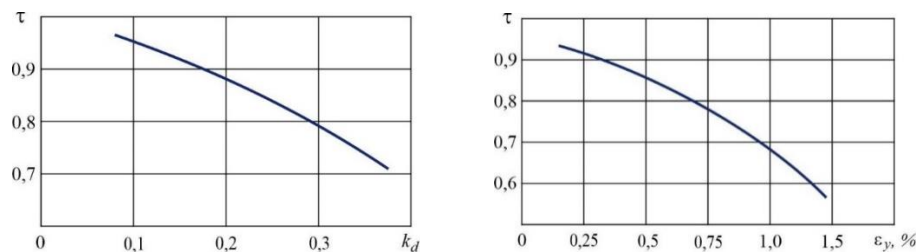


Рис. 1. Експериментальні залежності коефіцієнта запасу по зчепленню  $\tau_{0,7}$  від коефіцієнта вертикальної динаміки  $k_d$  та відносно горизонтального ковзання  $\varepsilon_y$

На основі проведених досліджень впливу динамічних навантажень на тягові якості контакту «колесо-рейка» за значеннями коефіцієнта запасу по зчепленню можна зробити такий висновок:

– із збільшенням  $k_d$  і  $\varepsilon_y$  значення коефіцієнт запасу по зчепленню  $\tau_{0,7}$  зменшуються;

– зі зростанням  $k_d$  от 0 до 0,3  $\tau_{0,7}$  зменшується на 10%;

– зі зростанням  $\varepsilon_y$  від 0 до 1,0%  $\tau_{0,7}$  зменшується на 20%.

Цей висновок може бути підтвердженням доцільності застосування розробленого критерію – коефіцієнта запасу по зчепленню для порівняльної оцінки тягових якостей локомотивів та окремих колісних пар.

#### Література

1. Горбунов Н.И. Энергетическое воздействие двухфазного потока на зону контакта движущего колеса с рельсом – метод управления сцепными характеристиками локомотива: Монография. / Н.И. Горбунов, М.В. Ковтанец, Т.Н. Ковтанец – Одесса: КУПРИЕНКО СВ, 2019. – 181 с.
2. Gorbunov M. Experimental study of the limit-maximum adhesion coefficient / M. Gorbunov, M. Kovtanets, T. Kovtanets / Proceedings of 24th International Scientific Conference. Transport Means 2020, September 30 - October 02, Kaunas, Lithuania. 2020. – P. 382-386.
3. Лужнов Ю.М. Сцепление колес с рельсами. Природа и закономерности / Ю.М. Лужнов. – М.: Интекст, 2003. – 144 с.
4. Костюкевич А.И. Экспериментальная проверка эффективности струйно-абразивного воздействия на рельсы для улучшения фрикционных свойств контакта «колесо-рельс» / А.И. Костюкевич, Н.И. Горбунов, М.В. Ковтанец // Вісник СНУ ім. В. Даля. – 2013. – Ч.1, № 18 (207). – С. 33-37.
5. Gorbunov M. Reducing the wheel-rail system wear intensity with thermomechanical impact / M. Gorbunov, M. Kovtanets, G. Bureika, T. Kovtanets // Proceedings of the 23<sup>nd</sup> International Scientific Conference. Transport Means 2019, 02-04 October, Palanga, Lithuania. 2019. – P. 1260-1265.

6. Горбунов Н.И. Анализ и разработка путей повышения сцепных качеств локомотивов / Н.И. Горбунов, М.В. Ковтанец, Е.С. Ноженко, О.В. Просвинова // Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту Міністерства освіти і науки України: Серія «Транспортні системи і технології». – Вип. 31. – К.: ДУІТ, 2018. – С. 59-74.
7. Патент України №82903 на корисну модель Стенд для дослідження зчеплення колеса з рейкою та випробування елементів буксового ресорного підвішування МПК (2006.01) G01M 1/04 / Горбунов М.І., Ковтанець М.В., Кравченко К.О., Кара С.В., Просвірова О.В., Горбунов М.М.; заявник і власник СНУ ім. В.Даля. – u201214566; заявл. 19.11.2012; опубл. 27.08.2013, Бюл. № 16. – 3 с.

*e-mail: kovtanetsm@gmail.com*



УДК 629.113

**Корпач А.О., к.т.н., проф., Корпач О.А., к.т.н., доц.**

Національний транспортний університет, Україна

## **ВИБІР РУХОВОГО СКЛАДУ ДЛЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ НА ЛІНІЇ МЕТРОБУСА В МІСТІ КИЄВІ**

Для забезпечення ефективної роботи будь-якого виду пасажирського транспорту необхідний комплексний підхід до визначення оптимального рухомого складу, який експлуатуватиметься на його маршрутах. Не є винятком і такий перспективний вид транспорту, як метробус або швидкісний автобус (Bus rapid transit, BRT).

Метробус – це система швидкісного автобусного транспорту. Однією з найважливіших відмінностей метробуса від автобусних маршрутів з виділеною смугою є те, що смуги для метробуса відокремлені від решти дороги і по них не може рухатися інший транспорт, посадка і висадка в автобуси здійснюється не на зупинках, а через термінали або станції, вхід в які можливі через турнікети, як у метро.

Станом на 2022 р. 181 місто на шести континентах запровадили системи метробуса, що становить 5450 км ліній та близько 33,6 млн. пасажирів щодня, з них близько 20,9 млн. пасажирів у Латинській Америці, де найбільша кількість міст із системами BRT - 61. [1]

Метробус має переваги метрополітену, але має порівняно невелику вартість таких ліній (2,9-8,7 млн. дол. за 1 км) та високу швидкість будівництва, внаслідок того, що може використовувати вже існуючі дороги в містах. [2]

Автобуси, що експлуатуються на лініях BRT можна класифікувати за такими ознаками (рис. 1). [3]

У системі метробуса використовуються переважно автобуси особливо великого класу (15-18,5 м). Проте, часті випадки використання автобусів з

довжиною 23-28 метрів. Пасажиromісткість, особливо великих автобусів, становить 150-200 чол., а повна маса до 28 т.

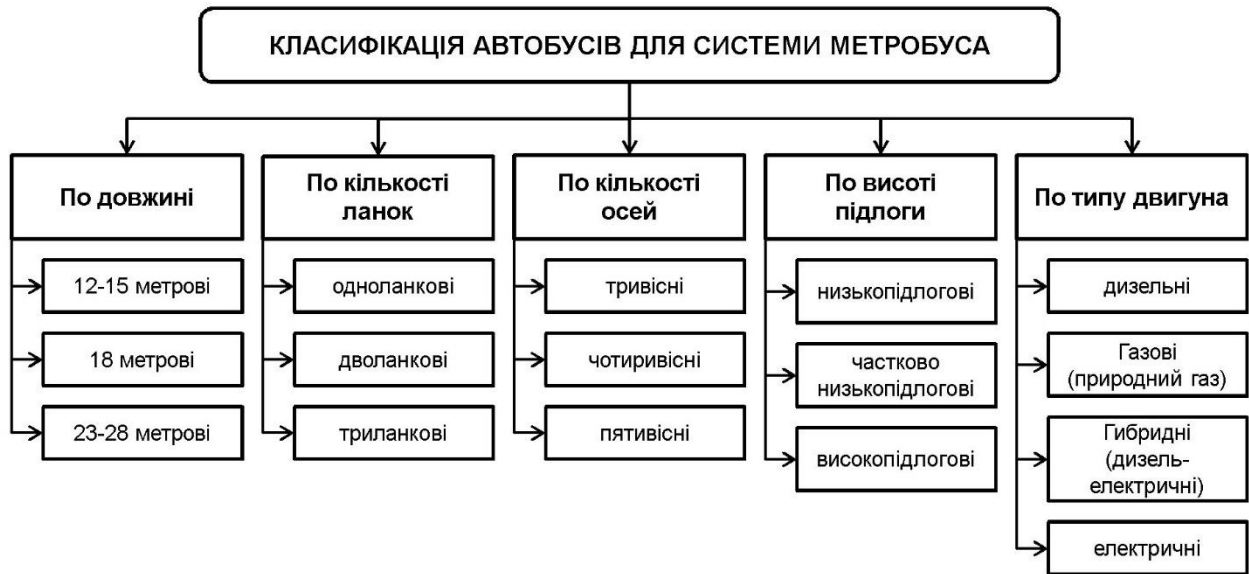


Рисунок 1 – Класифікація автобусів для системи метробуса [3]

Такі автобуси з метою забезпечення необхідної маневреності виконуються, як правило, зчленованими та мають кілька ланок.

Для прискорення посадки та висадки пасажирів у конструкції автобусів використовують ширші дверні отвори або додаткові двері, а при експлуатації на маршрутах з острівними (центральними) станціями двері розташовуються з лівого (протилежного) боку кузова.

Як силова установка, в основному, використовують дизелі і газові двигуни, але зустрічаються і електричні або гібридні силові установки.

У місті Києві, на перспективній лінії метробуса [2], доцільними для використання є автобуси великого класу довжиною 15-18,5 м з подальшою перспективою впровадження триланкових автобусів довжиною до 30м.

На балансі КП «Київпаstrans» знаходяться такі дволанкові зчленовані автобуси, як ЛАЗ-А291, ЛАЗ-А292, МАЗ-105 та МАЗ-215 (табл. 1). Станом на кінець 2018 року їхня загальна кількість становила 75 шт. [3].

Зчленовані дволанкові автобуси, що знаходяться в експлуатації КП  
«Київпаstrанс»

Модель	Кількість автобусів в експлуатації	Рік початку експлуатації
ЛАЗ-А291	11	2001
ЛАЗ-А292	25	2007
МАЗ-105	35	2001
МАЗ-215	4	2017

Автобуси ЛАЗ-291 та МАЗ-105 є застарілими моделями та серійно не випускаються з 2005 та 2014 року відповідно. Тому, на перспективній лінії метробуса, доцільно використати наступні покоління автобусів ЛАЗ-А292 та МАЗ-215, які вже перебувають в експлуатації на інших міських маршрутах.

Для експлуатації на перспективній лінії метробуса у місті Києві запропоновано використовувати серійні дволанкові зчленовані автобуси, а у перспективі – триланкові.

#### Література

1. Global BRTData [Електронний ресурс]. – Режим доступа : <https://www.brtdata.org/>
2. Сахно В.П. До вибору маршруту руху метробуса в місті Києві / В.П. Сахно, А.О. Корпач, О.А. Корпач // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2021. – Вип. 1 (48). – С. 315-325.
3. Корпач А.А. Выбор и обоснование подвижного состава метробуса / А.А. Корпач, А.А. Корпач // Материалы Международной научно-практической конференции «Автомобиле- и тракторостроение». – Том 1, – Минск, 2020: БНТУ. – С. 133-136.
4. Подвижной состав Киева [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.kievbus.info/ps.php>

*e-mail: akorpach@ukr.net*

УДК 623

<sup>1</sup>Блатніцький М., к.т.н., доц., <sup>1</sup>Діжо Я., к.т.н., доц.,  
<sup>1</sup>Герліці Ю., к.т.н., проф., <sup>2</sup>Кравченко О.П., д.т.н. проф.,  
<sup>1</sup>Кравченко К.О., к.т.н., доц., <sup>1</sup>Іщук В.В., студент  
<sup>1</sup>Жилінський університет (м. Жиліна, Словаччина)  
<sup>2</sup>Державний університет «Житомирська політехніка», Україна

## УДОСКОНАЛЕННЯ ВІЗКА ПРОТИМІННОЇ МАШИНИ

Розглядається конструкція пристроїв, що встановлюються на візки з колісно-ремінною передачею тягового зусилля. В даному випадку стосується ходової частини протимінних машин. Такі конструкції можуть бути використані в інших галузях техніки.

Відома конструкція візка протимінної машини [1] містить ведуче (переднє) та додаткове колеса, зірочку, натяжні шківни та ремінь. Недоліком відомої конструкції є можливість пошкодження та розривання ременя. Таке явище може виникнути при використанні протимінної машини в пісочному ґрунті або при потраплянні крупного та міцного предмету між колесом та ременем. При маневруванні по пісочному ґрунті велика кількість піску може потрапити між колесом та ременем, що сприятиме виникненню підвищеного напруження в ремені та подальшому його пошкодженню або розриву.

Метою роботи є удосконалення візка протимінної машини за рахунок введення нових елементів між ведучим колесом та ременем для зменшення можливого підвищеного напруження в ремені та, тим самим, збереження його цілісності.

Поставлена мета досягається тим, що у візку, який містить ведуче (переднє) та додаткове колеса, зірочку, натяжні шківни та ремінь, переднє колесо закріплено з можливістю переміщення в повздовжньому напрямку. Закріплення переднього колеса на рамі візка складається з двох напрямних тяг, на які встановлена з

можливістю ковзання маточина переднього колеса. Напрямні тяги закріплені за допомогою двох кронштейнів. Для натягування ременя та, відповідно, переміщення в повздовжньому напрямку переднього колеса використовується гідравлічний циліндр.

Така конструкція дозволить зменшити внутрішнє напруження в ремені при попаданні великих предметів або ґрунту між колесом та ременем і, тим самим, підвищить надійність та цілісність ременя в різних умовах використання протимінної машини.

Візок протимінної машини [2] містить ведуче (переднє) колесо 1 та додаткове колеса 2, зірочку 3, натяжні шківи 4 та ремінь 5, напрямні тяги 6, які закріплені на транспортному засобі за допомогою двох кронштейнів 7, гідравлічний циліндр 8, який закріплений за допомогою кронштейна 9, маточину переднього колеса 10, штифти 11 (рис. 1, 2).

Конструкція працює наступним чином. При русі протимінної машини між колесами 1, 2, зірочкою 3 та ременем 5 може потрапити значна кількість піску або ґрунту, по якому їде машина, або крупні та тверді предмети. В даному випадку в ремені 5 виникне додаткове підвищене напруження. При такому напруженні в гідравлічному циліндрі 8 виникає сила, яка переміщує маточину переднього колеса 1 в повздовжньому напрямку по напрямним тягам 6.

Застосування представленої конструкції дозволить зменшити внутрішнє напруження в ремені при попаданні великих предметів або ґрунту між колесом та ременем, що підвищить надійність та цілісність ременя в різних умовах експлуатації протимінної машини.

Розміщення пристрою для закріплення переднього колеса на візку транспортного засобу наведено на рис. 3.

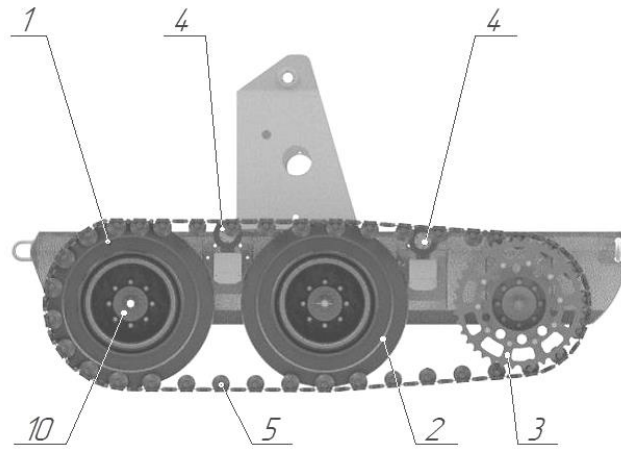


Рис. 1 - Зовнішній вигляд ходової частини протимінної машини

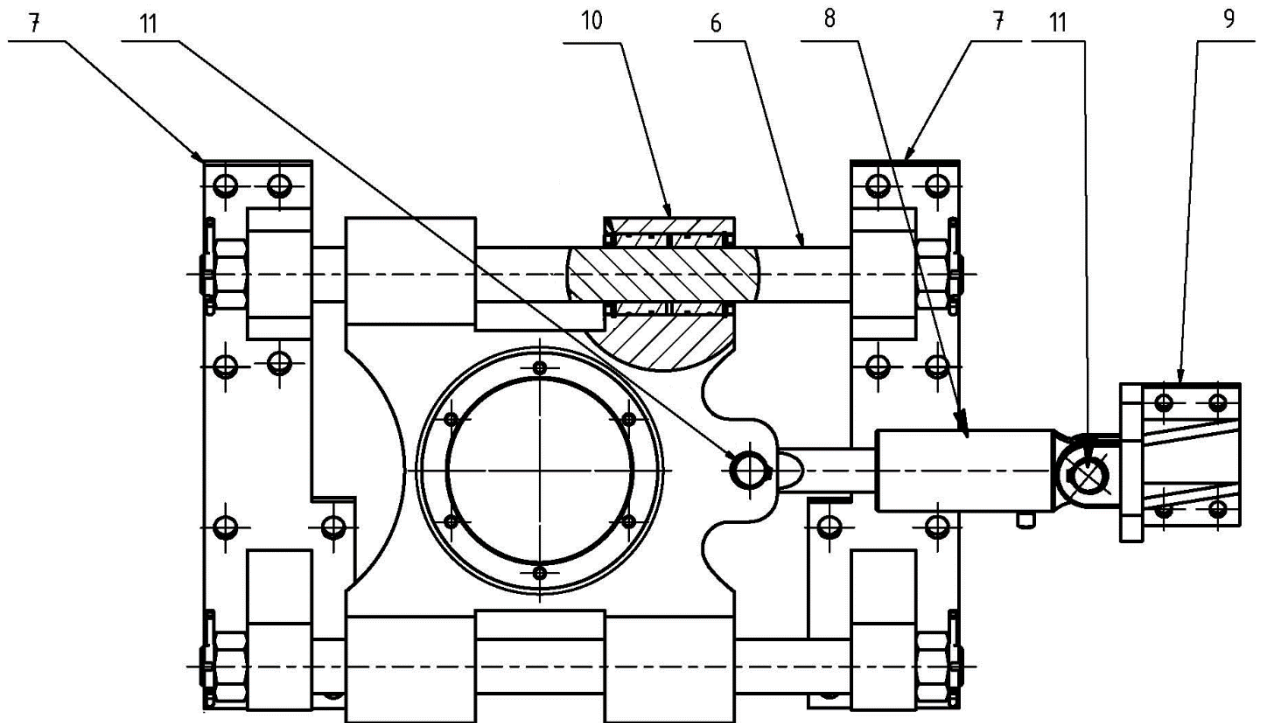


Рис. 2 - Пристрій для закріплення переднього колеса на транспортному засобі

Візок протимінної машини відрізняється тим, що переднє колесо закріплено на транспортному засобі з можливістю переміщення в повздовжньому напрямку; закріплення переднього колеса на рамі візка складається з двох напрямних тяг, на які встановлена з можливістю ковзання маточини переднього колеса; напрямні тяги закріплені на транспортному засобі за допомогою двох кронштейнів; для натягування ременя та, відповідно, переміщення в

повздожньому напрямку переднього колеса використовується гідравлічний циліндр, який закріплений на транспортний засіб за допомогою кронштейна; гідравлічний циліндр до маточини переднього колеса та кронштейну кріпиться штифтами.

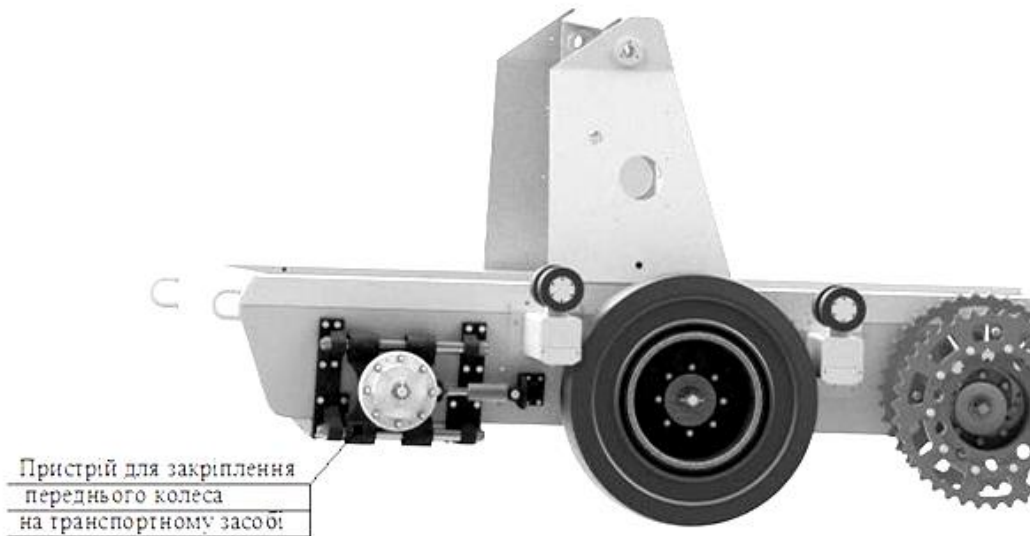


Рис. 3 - Розміщення пристрою для закріплення переднього колеса на візку транспортного засобу

Зменшення внутрішнього напруження в ремені при попаданні великих предметів або ґрунту між колесом та ременем підвищує надійність та цілісність ременя в різних умовах використання протимінної машини.

#### Література

1. Blatnický M., Dižo J., Sága M. and Kopas P. Applied Research of Applicability of High-Strength Steel for a Track of a Demining Machine in Term of Its Tribological Properties. *Journal Metals* 2021. Vol. 11, Iss. 3, pp. 1-15.
2. Блатніцкий М., Діжо Я., Герліці Ю., Лак Томаш, Кравченко К.О., Кравченко О.П. Візок протимінної машини.. Патент України 150927, від 11.05.2022, бюл. № 19.

УДК 656.13

**Краюшкін О.О., студент, Климаш А.О., к.т.н., доц.,**

**Климаш Д.А., студент**

Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, Україна

## **АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ**

Розвинена транспортна інфраструктура є стратегічно важливим технічним комплексом країни. Транспорт забезпечує нормальне функціонування всіх сфер економіки, забезпечує потреби у перевезеннях людей та вантажів. На жаль, транспортна система ще не є стійкою: її негативний вплив на навколишнє середовище досить великий. Транспортний сектор займає третє місце із забруднення навколишнього природного середовища після енергетики та гірничої металургії та є одночасно одним з основних споживачів дефіцитних паливно-енергетичних ресурсів.

Зростання парку рухомого складу, що відбувається практично у всіх країнах світу, призводить до зростання масштабів споживання енергетичних ресурсів, що в умовах їхньої природної обмеженості призводить до поступового подорожчання палива. Крім виснаження запасів копалин природного палива, їх споживання транспортними засобами супроводжується викидами в довкілля таких шкідливих речовин, як діоксид і монооксид вуглецю, оксиди сірки, свинець тощо. Потрапляння цих речовин в атмосферу, воду, ґрунт призводить до негативних екологічних та економічних наслідків: забруднення атмосфери та виникнення парникового ефекту, погіршення якості водних та земельних ресурсів, зростання захворюваності населення, прискорене зношування основних фондів та ін. [1] У таблиці 1 представлено склад та вагову кількість шкідливих речовин у відпрацьованих газах двигунів автомобілів.



Вагова кількість шкідливих речовин у відпрацьованих газах двигунів  
автомобілів

Шкідливі викиди	Кількість шкідливих речовин, кг на 1000 л згорілого палива в циліндрах двигуна	
	бензинового	дизельного
Окис вуглецю	267	28,4
Вуглеводні	33,2	9,1
Окисли азоту	26,6	40,8
Сірчистий газ	1,34	34,0
Сажа	1,34	3,4
Свинець	0,266	-
Разом	329,7	115,7

Загалом вплив транспорту на екосистеми виражається:

- в забрудненні атмосфери, земель та водних об'єктів, в створінні виробничих відходів, в тому числі токсичних та радіоактивних шлаків та сміття;
- в споживанні природних ресурсів – нафтопродуктів, природного газу, атмосферного повітря, необхідного для протікання робочих процесів у ДВЗ транспортних засобів;
- у виділенні тепла до навколишнього середовища при роботі ДВЗ;
- в створенні високих рівнів шуму та вібрацій.

Транспортні процеси відносяться до екологічно небезпечних, тобто таких, які приводять до біологічних, механічних, фізико - хімічних забруднень екосистем та наносять екологічний збиток її складовим. Найбільша небезпека з'являється при переході на аварійні режими експлуатації транспорту. Вони виникають вслідку крайнього зношення рухомого складу та обладнання, використання зістарілих технологій, перевищення нормів пропускної та провозної можливості, порушення швидкісного режиму руху, а також з суб'єктивних причин, впливаючих на поведінку учасників транспортних процесів [2].

Діяльність транспортних підприємств пов'язана з створінням перевозочного процесу, навантажувально - розвантажувальних операцій,

зберіганням вантажів та виконанням робіт по технічному обслуговуванню та ремонту рухомого складу та шляхів сполучення. Вплив транспорту на навколишнє середовище проявляється, перш за все, у процесі перевезень, при котрому споживається у великій кількості паливно - енергетичні ресурси та відбувається значне виділення забруднюючих речовин [3].

Автотранспорту, як основному джерелу забруднення атмосфери, властиві декілька відмінних рис. По - перше, чисельність автомобілів безупинно збільшується. По-друге, автомобіль є джерелом забруднення, що рухається саме в житлових зонах. Причому кількість викидів автотранспортом забруднень в атмосферу неухильно росте, незважаючи на прийняті охоронні міри. Автомобільний транспорт є джерелом викиду біля 98% оксиду вуглецю, 46% окисів азоту ( $\text{NO}_x$ ) і 63% вуглеводнів (СН).

Екологічні проблеми, що виникли у зв'язку з функціонуванням транспортної системи в Україні, є наслідком діяльності не лише окремих видів транспорту, а й інших галузей економіки. Це передусім структура та існуючі конструкції транспортних засобів, покриття та якість експлуатації шляхів тощо [4].

Задачу зниження забруднення атмосфери можна розглядати стосовно до стаціонарних транспортних підприємств та до рухомого складу. Обидві задачі мають свою специфіку та, якщо по відношенню до підприємства шляхи рішення близькі або співпадають з направленням реалізації задачі у промисловості, то для рухомого складу розробляються свої заходи, у результаті виконання котрих забезпечується зниження шкідливих речовин.

Заходи щодо зниження токсичності викидів транспорту можна класифікувати на 4 групи:

- використання екологічно чистих палив з низьким складом ароматичних вуглеводнів, азоту, механічних домішок і та інші;
- застосування нейтралізаторів вихлопних газів;
- удосконалення двигунів, застосування комбінованих систем паливоспоживання, забезпечуючи ефективну роботу двигунів на різних рідких,

газоподібних і сумішевих паливах;

- дотримання дій, спрямованих на зниження експлуатаційних витрат палива.

Отже, для розв'язання екологічних проблем транспортних систем необхідно визначити завдання та шляхи його вирішення, виявити та чітко позначити реальні інструменти та механізми забезпечення (фінансового, матеріально-технічного, ресурсного, організаційного, правового та ін.), системно та комплексно здійснювати заходи, ґрунтуючись на пріоритетних цілях, контролі факторів впливу, стану транспортної системи та стану екосистеми.

### Література

1. Буланович П.Г. Екологізація транспортного комплексу як фактор устойчивого розвитку транзитного потенціалу України / П.Г. Буланович // Вісн. Сум. держ. ун-ту. Сер. економіка. - 2003. - № 5. - С. 29-39.
2. Старков И.А. Экологические аспекты аварии на транспорте / И. А. Старков. – Новосибирск, 2007. – С. 2–5
3. Аксенов И.Я., Аксенов В.И. Транспорт и охрана окружающей среды. - М.: Транспорт, 1986.- 176 с.; ил., табл.- Библиогр.: с. 173-174.
4. Огородник І.М. Вплив автотранспорту на екосистему держави / І.М. Огородник, З.П. Двудіт // Агросвіт. - 2011. - № 17-18. - С. 43-47.

*e-mail: klimash@snu.edu.ua*

УДК 621.002

**Кузьменко С.В. к.т.н., доц., Марченко Д.М. д.т.н., проф.,**

**Заверкін А.В. к.т.н., доц., Ларченко М.І. студент**

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

## **ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОАКУМУЛЮЮЧИХ ПРИСТРОЇВ НА ПАСАЖИРСЬКОМУ РУХОМОМУ СКЛАДІ ЗАЛІЗНИЦЬ**

Забезпечення комфортних параметрів мікроклімату пасажирського рухомого складу залізниць є невід'ємною складовою створення сучасних конструкцій залізничних вагонів за умови необхідності підтримки санітарно-гігієнічних вимог для організму людини. Підтримка комфортної температури в салоні транспортного засобу з урахуванням мінімально (максимально) допустимої температури довкілля, максимальної швидкості руху і термічного опору кузова дозволяє визначити потужність системи кондиціонування. При цьому повинні дотримуватися вимоги до допустимого значення градієнта температури по висоті салону і швидкості руху повітряних мас, а максимальна температура захисних поверхонь теплообмінного устаткування, не повинна перевищувати 60 °С. Крім того, конструкція теплообмінного устаткування не повинна істотно зменшувати корисний об'єм пасажирського салону, забезпечувати зручний доступ для технічного обслуговування, ремонту, тощо.

Вимогам, що пред'являються, якнайкраще відповідає водяна система опалювання пасажирських вагонів, яка використовує опосередковану передачу енергії від високотемпературних джерел (згорання твердого палива, поверхні електричних нагрівачів) до води і передачу теплоти від останньої до повітря за допомогою теплообмінних труб. Велика площа теплообмінної поверхні труб забезпечує ефективний теплообмін при відносно невисоких температурах теплоносія (до 80 °С), що не допускає перегрівання огорожувальних поверхонь вище 60 °С. Разом з цим, розташування труб по усій довжині вагону забезпечує рівномірний розподіл температури повітря в салоні.

Гірші показники має система електричного обігріву салону на сучасних дизель- і електропоїздах. Концентрація джерела теплоти в невеликому об'ємі з нерозвиненою теплообмінною поверхнею приводить до істотного підвищення температури поверхні трубчастих або плоских електричних нагрівачів в діапазоні 250...500 °С. Конвективний спосіб теплопередачі від поверхні нагрівача до повітря призводить до істотного перегрівання останнього, у тому числі і обгороджувачів нагрівачів, температура поверхні яких перевищує 100 °С.

Незважаючи на вказані недоліки, електрична система опалювання пасажирського рухомого складу має істотні переваги перед водяною в можливості гнучкішого регулювання температурного режиму, відсутності котла, що вимагає постійного контролю, і замерзаючих теплоносіїв. Застосування електричної системи опалювання салонів пасажирського рухомого складу має ще одну істотну гідність - можливість використання енергії електродинамічного гальмування, що дозволить істотно зменшити загальне енергоспоживання в холодний період.

Підвищення ефективності електричної системи опалювання стає можливим при використанні основної переваги водяної системи опалювання, а саме, опосередкованої передачі енергії від високотемпературних джерел теплоти через теплоносій з нижчою температурою, який передає теплоту до повітря через поверхні з розвиненою площею теплообміну. У тому випадку, якщо дана система матиме можливість використання енергії електродинамічного гальмування, яка в невеликі проміжки часу виробляється в об'ємі, що істотно перевищує потрібну потужність системи опалювання, є доцільним використання в якості проміжного теплоносія речовини з теплоакумулюючими властивостями. Можливість акумуляції теплоти в різних речовинах здійснюється при фазових переходах першого роду, причому фазовий перехід «рідина-тверде тіло» є прийнятнішим порівняно з переходом «рідина-газ» зважаючи на незначну зміну об'єму теплоносіїв.

Порівняльний аналіз теплоакумулюючих матеріалів показує, що найкращі показники мають легкоплавкі метали зважаючи на високі значення теплоти

плавлення, теплопровідність і щільність, але при цьому ці метали мають високі значення температури плавлення (таблиця 1). Разом з легкоплавкими металами для акумуляції теплоти нині широко використовують різні кристалогідрати металів зважаючи на невисоку температуру плавлення. Проте ці матеріали мають істотно меншу щільність і теплопровідність в твердій фазі, що приведе до можливого зниження ефективності процесів теплопередачі нагрівачів і збільшення габаритних розмірів пристроїв.

Представлені дані показують, що переважніше використовувати легкоплавкі метали як акумулятори теплоти зважаючи на більшу кількість енергії, що запасається, і високих значень температури електричних нагрівальних елементів. Проте це приведе до того ж ефекту, що спостерігається на існуючих обігрівачах салону, а саме: істотне перегрівання повітря салону і поверхні обгороджувачів нагрівачів.

Можливим технічним рішенням цієї проблеми є використання другого теплоносія, який здійснюватиме передачу теплоти від теплоакумулюючого мате-

Таблиця 1

Порівняльні характеристики теплоакумулюючих матеріалів

Матеріал	Температура плавлення, °С	Теплота плавлення кДж/кг	Теплота плавлення МДж/м <sup>3</sup>
Галун алюмокалиевый (KAl(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> · 12H <sub>2</sub> O)	92	254,3	445,0
Калій-натрій виннокислий (KNaC <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub> · 4H <sub>2</sub> O)	75	254,3	324,7
Свинець (Pb)	327,4	24,3	275,6
Олово (Sn)	232,26	59,0	430,7
Кадмій (Cd)	320,9	53,7	462,9
Цинк (Zn)	419,46	112,2	798,1

ріалу до теплообмінної поверхні з розвиненою площею теплообміну.

З метою максимального спрощення конструкції цього типу нагрівача і недопущення перегрівання повітря салону доцільно використовувати або рідинну систему передачі теплоти за допомогою примусової циркуляції

теплоносія між теплоакумулюючим елементом і теплообмінником або герметичні теплові трубки, які частково заповнені рідиною з температурою кипіння в діапазоні 70...100 °С (етиловий спирт, вода і тому подібне). Випар рідини в частині трубки, що знаходиться в першому теплоносії (легкоплавкому металі) і її наступна конденсація в частині трубки, що знаходиться в повітряному середовищі забезпечить ефективну теплопередачу в необхідному діапазоні температури.

При аналізі фізичних властивостей легкоплавких металів і прийнявши їх об'єм рівний 1 літру і первинну температуру 20 °С, розрахуємо енергетичні витрати на нагрів, розплавлення і подальший нагрів рідких металів до кінцевої температури 500 °С. Розрахункові дані приведені в таблиці 2.

В результаті дослідження визначено, що в якості переважного теплоакумулюючого матеріалу для його використання на рухомому складі залізниць є цинк.

Принципова схема теплоакумулюючого модуля, що забезпечує утилізацію енергії електродинамічного гальмування, повинна включати:

Таблиця 2

Енергетичні витрати на нагрів і розплавлення легкоплавких металів

Енергетичні витрати, кДж	Олово	Свинець	Кадмій	Цинк
- на нагрів від 20 °С до температури плавлення	343,82	74,14823	868,761	1073,127
- на плавлення	443,1728	299,105	476,3741	719,4178
- на нагрів від температури плавлення до 500 °С	335,4883	323,5559	452,4675	192,4253
Разом:	1097,36	1073,663	1797,603	1985,004

- термоса, що утримує температуру  $500 \pm 100$  °С з корисним об'ємом V;
- корисний об'єм заповнений теплоакумулюючим матеріалом (цинк);
- у внутрішньому об'ємі термоса розташований нагрівальний елемент, що перетворює електричну енергію в теплову і забезпечує нагрівання теплоакумулюючого матеріалу до температури 500 °С;

- трубчастий теплообмінник, розташований усередині об'єму  $V$  термоса, забезпечений входом і виходом для можливості нагріву робочого теплоносія (вода) і передачі від останньої теплоти повітрю кабіни або салону рухомого складу за допомогою радіаторів, конвекторів і тому подібне.

- водяного насоса для забезпечення циркуляції робочого теплоносія через теплоакumuлюючий модуль;

- пристрою, що управляє та забезпечує працездатність системи опалювання.

В результаті проведеного аналізу визначена можливість підвищення техніко-економічних показників тягових одиниць рухомого складу залізниць шляхом акумуляції електричної енергії, що виробляється при електродинамічному гальмуванні. Застосування акумуляторів теплоти в системі кондиціонування салонів пасажирських вагонів дозволяє максимально реалізувати потужність тягових електродвигунів в режимі гальмування. Теоретичні дослідження дозволили визначити погоджений режим роботи ЕДГ і акумулятора теплоти, а саме між енергією, що виробляється, і теплофізичними параметрами теплоакumuлюючого матеріалу.

*e-mail: kuzmenko@snu.edu.ua*



УДК 629.4.027.5

**Кульбовський І.І., к.т.н., доц., Голуб Г.М., к.т.н., доц.,  
Сапронова С.Ю., д.т.н., проф., Ткаченко В.П., д.т.н., проф.,**  
Державний університет інфраструктури та технологій, Україна

## **МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ КОМПЛЕКСНОЇ ОЦІНКИ ЯКОСТІ РЕМОНТУ КОЛІСНИХ ПАР РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

Постановка проблеми. Колісна пара – одна з найвідповідальніших деталей вагона від безвідмовної роботи якої залежить безпека руху поїздів. При цьому заміна колісної пари або одного з її елементів призводить до позапланових ремонтів та в подальшому до великих економічних витрат. Найбільш небезпечними в експлуатації життєвого циклу колісних пар є злами та руйнування її елементів.

В сучасних умовах невід’ємною частиною при виконанні ремонтних робіт є застосування технічних засобів та методів вхідного, міжопераційного та вихідного неруйнівного контролю технічного стану колісних пар. Такі фактори, як суттєвий відсоток зношування експлуатованого рухомого складу, посилення вимог до якості ремонту з одного боку, та необхідність збільшення продуктивності праці з іншого боку, вимагають розробки нових ефективних методів неруйнівного контролю елементів колісних пар, вузлів та деталей рухомого складу.

Основний зміст. В даний час при дефектоскопії елементів колісних пар рухомого складу залізничного транспорту такі методи контролю як магнітопорошковий, вихрострумний, ультразвуковий методи контролю. Однак при існуючих різних методах неруйнівного контролю, які використовуються при проведенні дефектоскопії ще існують пропуски небезпечних дефектів елементів колісних пар (тріщини в диску, гребені та обід колеса, тріщини в середній частині, шийки і підступної частини осі) і досить часто. До основних причин

пропуску дефектів відносяться низький рівень автоматизації процесу контролю. Крім того, при процес контролю методами, які згадані вище, вимагає попередньої підготовки поверхні контролю, сканування всієї контрольованої поверхні датчиками та великих затрат часу.

Тому створення нових інноваційних методів контролю та діагностики колісних пар є необхідною умовою для підвищення безпеки руху поїздів та забезпечення ефективної експлуатаційної роботи на всіх етапах життєвого циклу колісних пар рухомого складу. Створення цих методів є основою для розробки системи автоматизованого контролю колісних пар.

Сучасний технологічний процес ремонту колісних пар як об'єкт управління характеризується наступними факторами: складністю, багатофакторністю, нечітким проявом причинно-наслідкових відносин в організації роботи структурних підрозділів галузевого підприємства, розподілом цільових функцій в часі і просторі, великою номенклатурою матеріалів, деталей і вузлів, що знаходять в постійному контакті з технологічним обладнанням. Головними ресурсами підвищення продуктивності ремонту колісних пар є модернізація технології контролю якості ремонту і впровадження сучасних засобів вимірювальної техніки на основі інформаційних технологій і розробкою бази автоматизованих систем управління технологічними процесами ремонту.

Застосування в технологічних процесах ремонту колісних пар систем контролю процесу ремонту за рахунок забезпечення контролю за випуском готової продукції і підвищення ефективності управління технологічним процесом відкриває можливість успішного рішення однієї з важливих задач залізничної галузі ризику підвищення якості ремонтно-відновлювальних робіт та продовження життєвого циклу рухомого складу.

Під час дослідження були роботи проаналізовані системи контролю технологічних параметрів, про які згадували вище, а також параметри якості ремонту колісної пари в технологічному процесі. На основі аналізу було запропоновано математичну модель процесу контролю якості ремонту колісних пар рухомого складу, що дозволить підвищити енергоефективність ремонту.

Дана математична модель процесу контролю якості ремонту колісних пар, оснований на кількісних показниках, які характеризують технологічний процес ремонту по об'єму виконання робіт та якісних показників, які характеризують колісну пару як готову продукцію з точки зору її придатності до умов експлуатації та відповідності технічних параметрів колісної пари вимогам нормативно-технічної документації, що є основою працездатного стану.

Модель побудована на показниках якості ремонту, а саме закону розподілу випадкових величин, які характеризують процес ремонту відповідно до умов дотримання технологічної дисципліни, кваліфікації працівників та технічного стану технічних засобів.

$$F_i = \frac{(\sum_{j=1}^n \frac{h_z}{h_m})}{n} = \sum_{j=1}^n G_j/n, \quad (1)$$

де  $n$  – число операцій;

$h_m$  – нормована комплексна оцінка виконання  $j$  – ї операції;

$h_z$  – фактична комплексна оцінка виконання  $j$  – ї операції;

$G_j$  – коефіцієнт, який враховує повноту операцій по якості ремонту колісних пар рухомого складу. На практиці коефіцієнт залежить від типу операцій, які виконуються під час ремонту колісних пар.

Модель комплексної оцінки якості ремонту колісних пар є базою для створення інноваційних методів контролю та діагностики колісних пар, що дозволить підвищити безпеки руху поїздів.

Висновки. В роботі було проведено детальний аналіз переваг та недоліків наявних методів контролю якості ремонту колісних пар рухомого складу залізничного транспорту. Розглянуті шляхи підвищення експлуатації життєвого циклу колісних пар. Запропоновано математичну модель комплексної оцінки якості ремонту колісних пар, що підвищить ефективність експлуатаційної роботи рухомого складу та безаварійність перевізного процесу.

УДК 629.463.65

<sup>1</sup>Ловська А. О., д.т.н., доц., <sup>2</sup>Фомін О. В., д.т.н., проф.,

<sup>1</sup>Скуріхін Д. І., к.т.н., доц., <sup>1</sup>Рибін А. В., к.т.н.

<sup>1</sup>Український державний університет залізничного транспорту, Україна

<sup>2</sup>Державний університет інфраструктури та технологій, Україна

## **ОСОБЛИВОСТІ ДИНАМІЧНОЇ НАВАНТАЖЕНОСТІ НАПІВВАГОНА З ПРУЖНО-ФРИКЦІЙНИМИ СКЛАДОВИМИ В РАМІ**

Перспективи розвитку транспортної інфраструктури зумовлюють необхідність підвищення ефективності експлуатації залізничного транспорту, який вже тривалий час є її провідною галуззю. При цьому особлива увага повинна приділятися технічній забезпеченості залізничного парку.

Відомо, що найбільш поширеним типом вагону у експлуатації є напіввагон. Одним з найбільш навантажених вузлів напіввагона є несівна конструкція. Здебільшого її пошкодження обумовлені дією значних динамічних навантажень, що виникають в експлуатації. Циклічність дії цих навантажень погіршує міцність несівних конструкцій вагонів. Найбільш поширеними пошкодженнями несівних конструкцій є тріщини, обрив зварювальних швів, деформації, перекіс тощо.

Така обставина зумовлює проведення позапланових видів ремонтів або виключення вагонів з інвентарного парку. Це викликає необхідність додаткових витрат на утримання рухомого складу. Тому для забезпечення лідерських позицій залізничної галузі на ринку перевізних послуг важливим є впровадження в експлуатацію інноваційного рухомого складу. Під час проектування такого рухомого складу необхідним є використання рішень, спрямованих на зменшення його динамічної навантаженості, а відповідно і покращення міцності, ресурсу експлуатації тощо. Тому виникає необхідність проведення відповідних досліджень в даному напрямку.

Для зменшення динамічної навантаженості несівної конструкції напіввагона, а відповідно і покращення міцності, запропоновано удосконалення

його рами. Дане удосконалення полягає у використанні в якості несівних елементів рами П-подібних профілів, в яких розміщуються пружні елементи, перекриті зверху горизонтальними листами. При цьому пружні елементи можуть бути представлені пружинами або матеріалом, який має пружні зв'язки. На даному етапі дослідження рішення запропоноване на рівні концепту.

Зменшення динамічної навантаженості рами вагона досягається посередництвом сил сухої тертя, які виникають між похилими частинами вертикальних стінок П-подібного профілю і горизонтального листа при коливаннях підскакування вагона. При цьому П-подібний профіль може бути виготовлений з прямокутних або квадратних труб з урахуванням видалення однієї з його стінок, яка може бути використана для створення горизонтального листа.

З метою визначення оптимальних параметрів профілів виконання рами напіввагона використано метод оптимізації за резервами міцності. Для цього проведено розрахунок на міцність типової несівної конструкції напіввагона з використанням методу скінчених елементів. У якості прототипу обрано напіввагон моделі 12-757 побудови ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод» (Україна, м. Кременчук). Для зменшення матеріалоємності несівної конструкції напіввагона з дотриманням його міцності при експлуатаційних навантаженнях запропоновано використання у якості профілей виконання рами труб квадратного перерізу. З урахуванням цього стає можливим зменшити масу рами на 8% у порівнянні з прототипом.

Для визначення динамічної навантаженості напіввагона з урахуванням заходів щодо удосконалення рами проведено розрахунок. З цією метою авторським колективом створено математичну модель динамічної навантаженості напіввагона у вертикальній площині, тобто до уваги прийнято коливання підскакування при його русі стиковою нерівністю.

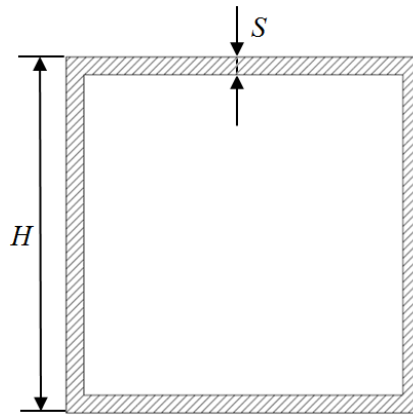


Рис. 1. Переріз квадратної труби

Враховано, що вагон складається з трьох елементів: несівна конструкція та дві ходові частини (візки моделі 18-100). Прийнято припущення, що кузов завантажений умовним вантажем з використанням повної вантажопідйомності вагона. Вхідними параметрами моделі є технічні характеристики вагона, а також збурюючої дії.

Розв'язок зазначеної математичної моделі здійснено в програмному комплексі MathCad. При цьому стартові умови, тобто початкові переміщення та швидкості, покладені рівними нулю.

На підставі проведених розрахунків встановлено, що максимальне прискорення кузова вагона дорівнює близько  $1,47 \text{ м/с}^2$ , а візків – близько  $8,5 \text{ м/с}^2$ . Важливо сказати, що з урахуванням запропонованого рішення стає можливим знизити вертикальні прискорення, які діють на несівну конструкцію напіввагона майже на 20% у порівнянні з типовою конструкцією. Хід вагона оцінюється як “відмінний”.

Проведені дослідження сприятимуть створенню рекомендацій та напрацювань щодо проектування інноваційних конструкцій вантажних вагонів, а також підвищенню ефективності експлуатації залізничного транспорту та утриманню його лідерських позицій в спектрі перевізних послуг.

*e-mail: alyonaLovskaya.vagons@gmail.com*

УДК 629.463.65

<sup>1</sup>Ловська А. О., д.т.н., доц., <sup>2</sup>Фомін О. В., д.т.н., проф.

<sup>1</sup>Український державний університет залізничного транспорту, Україна

<sup>2</sup>Державний університет інфраструктури та технологій, Україна

## **ВИЗНАЧЕННЯ НАВАНТАЖЕНОСТІ КОНТЕЙНЕРА ТИПУ FLAT RACK ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ ЗАЛІЗНИЧНИМ ПОРОМОМ**

В умовах сучасного розвитку транспортної галузі утримання лідерських позицій залізничного транспорту викликає необхідність введення в експлуатацію комбінованих систем.

Відомо, що одними з найбільш успішних та поширених серед комбінованих систем транспорту є контейнерні перевезення. Для підвищення ефективності даного виду перевезень дістали розвиток перевезення контейнерних поїздів морем. В якості прикладу можна привести транспортний коридор “Новий шовковий шлях”, складовою якого є два залізнично-поромні маршрути через акваторію Чорного та Каспійського морів.

Перевезення контейнерних поїздів морем супроводжується дією на них навантажень, які не притаманні умовам експлуатації відносно рейкових колій. Така ситуація може сприяти порушенню безпеки руху комбінованих перевезень. Тому виникає необхідність створення заходів, спрямованих на зменшення навантаженості транспортних засобів при залізнично-поромних перевезеннях.

Для зменшення динамічної навантаженості контейнерів при перевезенні у складі комбінованих поїздів на залізничних поромах пропонується використання удосконаленої несучої конструкції контейнера.

Особливістю удосконаленої конструкції є наявність випуклих стін, що дозволило збільшити його корисний об’єм на 8% у порівнянні з прототипом. Для зменшення динамічної навантаженості контейнера при кутових переміщеннях навколо повздовжньої осі, зокрема при перевезенні на залізничному поромі в умовах бортової хитавиці, пропонується створення каркаса контейнера із

плоскоовальних труб, заповнених енергопоглинальним матеріалом (рис. 1). На дану конструкцію контейнера подано заявку на отримання патенту України.

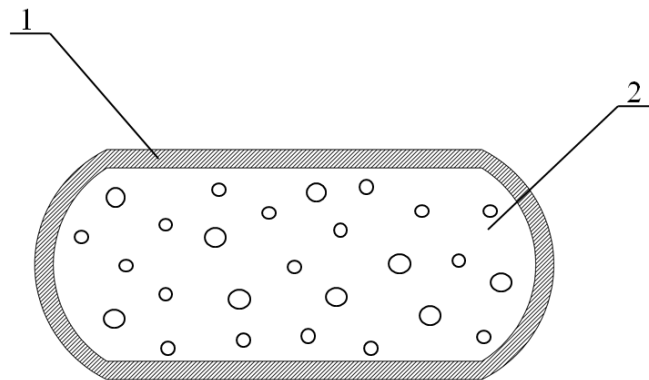


Рис. 1. Переріз вертикальної стійки контейнера

1 – плоскоовальна труба; 2 – енергопоглинальний матеріал

Для обґрунтування запропонованого рішення проведено математичне моделювання динамічної навантаженості контейнера, розміщеного на вагоні-платформі при перевезенні залізничним поромом. При цьому враховано, що закріплення вагона відносно палуби залізничного порому здійснюється за типовою схемою, тобто за допомогою багатообертових засобів закріплення (ланцюгові стяжки, механічні упор-домкрати та гальмові башмаки).

При складанні математичної моделі враховано, що контейнер розміщений на вагоні-платформі моделі 13-401 побудови Дніпродзержинського вагонобудівного заводу (м. Дніпродзержинськ, Україна). Взаємодія вагона-платформи з контейнером здійснюється через фітинги та фітингові упори. В моделі враховано переміщення вантажу у контейнері при його коливаннях. При цьому вантаж розглянуто як однорідну середу.

Взаємодія вагона-платформи з палубою залізничного порому описувалася через момент сил. Таким же чином враховано взаємодію контейнера з вагоном-платформою та вантажу з контейнером.

Розрахунки проведені стосовно залізничного порому “Герои Плевны”, що рухається акваторією Чорного моря.



Закон збурюючої дії, тобто морської хвилі, завданий у вигляді трохіоди. Гідрометеорологічні характеристики акваторії Чорного моря визначені за довідковою літературою. Висота морської хвилі при цьому прийнята рівною 8 м, період – 9 с, тиск вітру – 1,47 кПа.

Розв'язок сформованої математичної моделі здійснено за допомогою метода Рунге-Кутта, який реалізовано в програмному комплексі MathCad. Початкові переміщення та швидкості прийняті рівними нулю.

На підставі проведених розрахунків встановлено, що максимальне прискорення, яке діє на контейнер складає близько  $0,73 \text{ м/с}^2$ . Загальна величина прискорення з урахуванням горизонтальної складової прискорення вільного падіння, обумовленої кутом крену залізничного порому ( $\theta = 12,2^\circ$ ) дорівнює  $2,8 \text{ м/с}^2$  ( $0,28g$ ). При цьому кут крену залізничного порому визначений для випадку статичної дії вітру на його надводну проекцію у відповідності до праць Благовещенського С. М.

Проведені дослідження встановили, що з урахуванням введення в'язкого зв'язку між несучою конструкцією контейнера та насипним вантажем стає можливим знизити динамічну навантаженість контейнера майже на 5% у порівнянні з типовою конструкцією.

При цьому коефіцієнт в'язкого опору енергопоглинального матеріалу в стійках контейнеру не повинен перевищувати  $0,5 \text{ кН} \cdot \text{с/м}$ .

Проведені дослідження сприятимуть підвищенню безпеки перевезень поїздів комбінованого транспорту на залізничних поромах, а також створенню напрацювань щодо проектування конкурентоспроможних транспортних засобів комбінованих перевезень.

*e-mail: alyonaLovskaya.vagons@gmail.com*

УДК 629.463.65

<sup>1</sup>Ловська А. О., д.т.н., доц., <sup>2</sup>Фомін О. В., д.т.н., проф.,

<sup>1</sup>Скуріхін Д. І., к.т.н., доц., <sup>1</sup>Рибін А. В., к.т.н.

<sup>1</sup>Український державний університет залізничного транспорту, Україна

<sup>2</sup>Державний університет інфраструктури та технологій, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ УДОСКОНАЛЕНОЇ КОНСТРУКЦІЇ РАМИ НАПІВВАГОНА ПРИ МАНЕВРОВОМУ СПІВУДАРЯННІ

Перспективи розвитку залізничної галузі та утримання її першості в сегменті перевізних послуг обумовлюють необхідність створення та впровадження інноваційних конструкцій рухомого складу. Такий рухомий склад повинен мати покращені техніко-економічні, експлуатаційні та екологічні показники. Досягти цього можливо шляхом врахування конструкційних рішень, спрямованих на забезпечення його міцності та експлуатаційної надійності, а як наслідок скорочення витрат на утримання. Тому питання удосконалень несучих конструкцій вагонів є досить актуальними.

Найбільш поширеним типом вагону, який використовується для перевезень вантажів, що не потребують захисту від атмосферних опадів є напіввагон. В умовах експлуатації його несуча конструкція зазнає дії значних за величиною навантажень, які зумовлюють її пошкодження.

Найбільш навантаженим вузлом несучої конструкції напіввагона є рама. Основне повздовжнє навантаження, яке діє на раму при експлуатаційних режимах сприймає хребтова балка. Внаслідок циклічності дії повздовжніх навантажень на хребтову балку можуть мати місце поява тріщин, деформацій та інших її пошкоджень. Така обставина викликає необхідність здійснення позапланових видів ремонту вагона. Крім того пошкодження несучої конструкції напіввагона на шляху прямування може сприяти екологічній небезпеці перевезень вантажів. У зв'язку з цим важливим є створення заходів, спрямованих

на покращення міцності складових несучих конструкцій напіввагонів при експлуатаційних режимах.

Для покращення міцності рами напіввагона при експлуатаційних режимах навантаження, зокрема – маневровому співударянні, пропонується постановку в найбільш навантажених зонах кутових гофр (рис. 1).

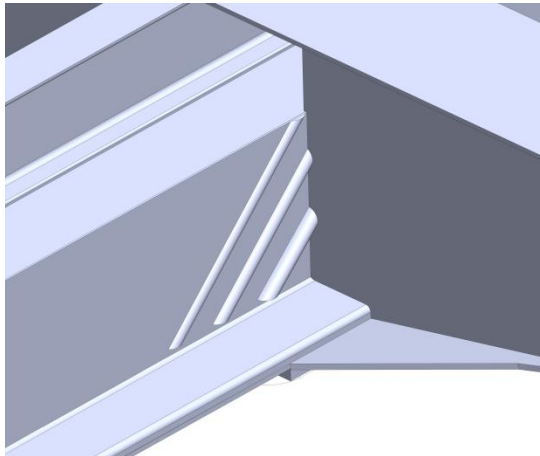


Рис. 1. Розміщення гофр на хребтовій балці напіввагона

Гофри розміщуються з кожного боку хребтової балки в зонах взаємодії зі шворневими під кутом  $45^\circ$  з внутрішнього та зовнішнього її боків.

Для обґрунтування запропонованого рішення проведено математичне моделювання навантаженості рами напіввагона. Дослідження проведені у плоскій системі координат. В якості прототипу обрано напіввагон моделі 12-757 на візках 18-100 з відповідними характеристиками ресорного підвішування. Враховано, що на задній упор автозчепу діє сила удару у 3,5 МН. При цьому удар розглянуто як абсолютно жорсткий.

Розв'язок зазначеної математичної моделі здійснено за методом Рунге-Кутта. Стартові умови прийняті рівними нулю. Результати розрахунку показали, що прискорення, які діють на несучу конструкцію напіввагона складають  $37,8 \text{ м/с}^2$  (0,37g).

Отриману величину прискорення враховано при розрахунках на міцність рами напіввагона. При цьому використано метод скінчених елементів, який реалізовано в програмному комплексі SolidWorks Simulation. Графічні роботи

щодо побудови просторової моделі рами здійснено в програмному комплексі SolidWorks. Модель рами напіввагона розглянуто як монолітну, тобто в ній не враховано зварювальних швів між складовими елементами.

При складанні скінчено-елементної моделі використані десятивузлові ізопараметричні тетраедри. Оптимальна кількість тетраедрів визначена за графоаналітичним методом. Кількість елементів сітки склала 200409, вузлів – 66528. Максимальний розмір елемента сітки дорівнює 100 мм, мінімальний – 20 мм, максимальне співвідношення боків елементів – 5694,8, відсоток елементів з співвідношенням боків менше трьох – 27,8, більше десяти – 16,6. Мінімальна кількість елементів в колі – 12, співвідношення збільшення розміру елемента – 1,8.

Матеріал конструкції рами – сталь марки 09Г2С зі значенням межі міцності 490 МПа та межі плинності 345 МПа.

При складанні розрахункової схеми рами напіввагона враховано, що на неї діє вертикальне навантаження з використанням повної вантажопідйомності вагона, повздовжня сила на задній упор автотягача, а також горизонтальні реакції в п'ятниках. Закріплення моделі відбувалося в зонах обпирання на ходові частини.

Проведені розрахунки показали, що максимальні еквівалентні напруження зосереджені в зоні взаємодії хребтової балки зі шворневою та дорівнюють 328 МПа, що не перевищує допустимих значень та на 5% нижче ніж у типовій конструкції. Максимальні переміщення рами виникають у її середній частині та складають близько 14 мм.

Проведені дослідження сприятимуть забезпеченню міцності несучих конструкцій напіввагонів в експлуатації та скороченню витрат на їх утримання. Також результати проведених досліджень сприятимуть створенню напрацювань щодо проектування інноваційних конструкцій рухомого складу.

*e-mail: alyonaLovskaya.vagons@gmail.com*

УДК 629.4.027.035

**Могила В.І., к.т.н., проф., Сергієнко О.В., к.т.н., доц.,**

**Коротенко Б.М., студент**

Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, Україна

## **УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ГАСИТЕЛЯ КОЛИВАНЬ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЙОГО ЕФЕКТИВНОСТІ**

Підвищення вимог до тягово-гальмівних якостей локомотивів при збільшенні швидкостей руху спричиняє необхідність вдосконалення ресорного підвішування з точки зору підвищення ефективності гасіння коливань [1, 2].

На сучасному рухомому складі широкого застосування набули електромагнітні гасителі коливань, які забезпечують плавне збільшення сили опору при підвищенні швидкості деформації підвіски у конструкціях вузлів ресорного підвішування, що зазнають вібраційного динамічного навантаження під час руху.

Огляд патентної документації дозволив зробити висновки, що існуючі конструкції електромагнітних гасителів коливань мають ряд недоліків, серед яких недостатність чутливості гасителя, що погіршує якість гасіння коливань [3]. Крім того, живлення котушок з обмотками та магнітів потребує значних витрат енергоресурсів, що знижує енергоефективність транспортного засобу, в зв'язку з чим наявні котушки з обмотками не забезпечують достатньо високих силової та енергетичної характеристик гасителя, що також знижує ефективність гасіння коливань та ударів при зміні руху транспортного засобу [4].

У зв'язку з цим актуальною науково-технічною задачею є удосконалення конструкції електромагнітного гасителя коливань з метою поліпшення його демпфуючих характеристик та працездатності в цілому.

Модель електромагнітного гасителя коливань, яка дозволить забезпечити необхідні параметри демпфування і позбутися недоліків існуючих конструкцій,

наведена на рис. 1.

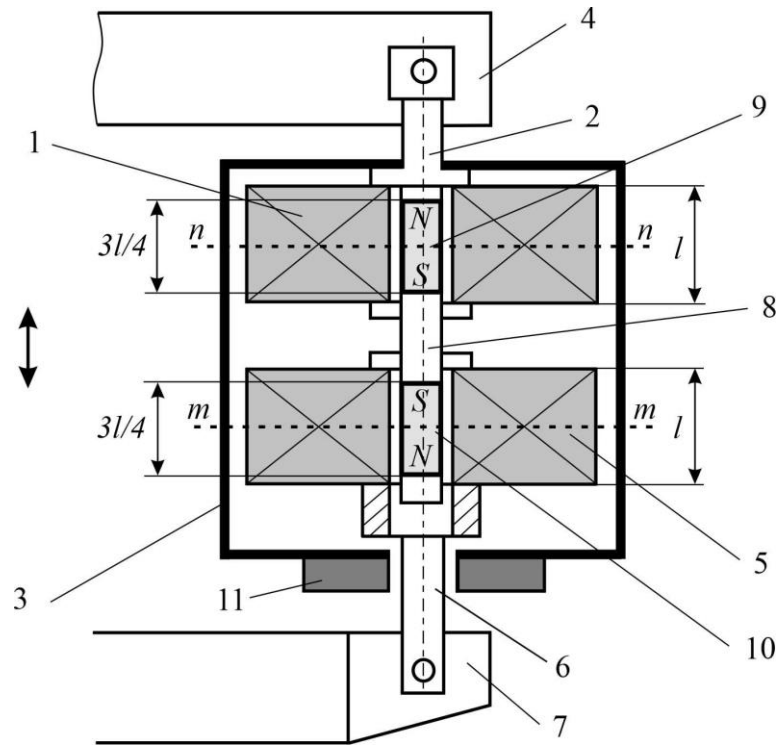


Рис.1. Конструктивна схема електромагнітного гасителя коливань:

- 1, 5 – котушки з обмоткою; 2, 6 – тримачі; 3 – захисний кожух; 4 – рама вагона;  
 7 – рама візка; 8 – сердечник; 9, 10 – сталеві постійні магніти;  
 11 – віброперетворювач

Згідно запропонованої конструкції, удосконалення електромагнітного гасителя коливань відбувається шляхом того, що на захисному кожусі закріплено віброперетворювач механічної енергії коливань гасителя в електричний струм живлення магнітів. Таке конструктивне рішення дозволить забезпечити економію енергоресурсів шляхом зменшення потреби у електропостачанні у зв'язку з тим, що віброперетворювач, який закріплено на захисному кожусі гасителя, перетворює механічну енергію коливань гасителя на електричний струм живлення магнітів та підвищити ефективність гасіння коливань за рахунок покращення демпферних якостей гасителя при роботі перетворювача.

Електромагнітний гаситель коливань функціонує наступним чином. При подачі постійного струму прямого напрямку в котушку з обмоткою 1 та

постійного струму зворотного напрямку в котушку з обмоткою 2 виникають електродинамічні сили, направлені зустрічно. Сталеві постійні магніти 9, 10 встановлюються симетрично поперечним осям котушок з обмотками 1, 5, які співпадають з магнітними нейтраліями  $n-n$  та  $m-m$  відповідно. Такому розміщенню сталевих постійних магнітів 9, 10 відповідає нормальне положення вагону. При проходженні нерівностей, коли вагон при русі переміщує котушку з обмоткою 1 та сердечник 8 разом зі сталевими постійними магнітами 9, 10 в отворі котушки з обмоткою 5, сила, яка виникає від взаємодії магнітних полів, гасить коливання між рамою 4 вагона та рамою 7 візка і повертає котушку з обмоткою 1 та сердечник 8 разом зі сталевими постійними магнітами 9, 10 у первісний стан, якому відповідає нормальне положення вагону. Захисний кожух 3 захищає гаситель від впливу пилу та вологи навколишнього середовища.

Наявність віброперетворювача 11, який закріплено на захисному кожусі 3, що має здатність перетворювати механічну енергію коливань гасителя на електричний струм живлення магнітів, дозволить забезпечити економію енергоресурсів за рахунок зменшення потреби у електропостачанні та підвищити ефективність гасіння коливань збільшуючи його демпферну якість.

Крім того, чим більше швидкість руху транспортного засобу чи гірше стан шляху, тим більше амплітуда коливань та опір переміщенню, і відповідно, ефективність гасіння коливань.

Запропонована удосконалена конструкція електромагнітного гасителя коливань, яка дозволить суттєво підвищити ефективність демпфування в підресореній частині транспортного засобу.

#### Література

1. Дьомін Р.Ю. Динаміка та безпека швидкісного руху рейкових транспортних засобів / Р.Ю. Дьомін, Ю.В. Дьомін, Г.Ю.Черняк, В.С. Ноженко. Івано-Франківськ: НАІР, 2021. 172 с.
2. Wang, Yi-Xuan, Chen, En-Li, Qi, Zhuang, Liu, Peng-Fei, Zhang, Lin: Analysis of dynamic behaviour of high-speed railway vehicle with faulty anti-hunting damper.

Journal of Advances in Vehicle Engineering. 3(3). 2017.

3. Патент на корисну модель № 147028 МПК F16F 15/03 (2006.01).  
Електромагнітний гаситель коливань. / Смирний М.Ф., Озарків І.О.; Заявл. 25.09.2020; Опубл. 07.04.2021, бюл. № 14.
4. Патент на корисну модель № 107230 МПК F16F 15/03 (2006.01).  
Електромагнітний гаситель коливань / Смирний М.Ф., Тартаковський Е.Д., Могила В.І., Горбунов М.І.; Заявл. 01.12.2015; Опубл. 25.05.2016, бюл. № 10.

*e-mail: vimogila1@ukr.net*



УДК 629.424.3:621.43.016

**Могила В.І. к.т.н., проф., Ковтанець М.В. к.т.н., доц.,  
Сергієнко О.В. к.т.н., доц., Ковтанець Т.М. асп.,  
Вакулік М.М. асп., Яровий М.В. студ.**

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Україна

## **АНАЛІЗ І ДОСЛІДЖЕННЯ ПОХИБКИ У РОЗРАХУНКАХ КОЕФІЦІЄНТА ТЕПЛОВІДДАЧІ ПРИ КОНДЕНСАЦІЇ ПАРУ В ТРУБАХ**

Застосування фазових переходів у системі охолодження дизеля тепловоза є можливим та перспективним, а використання стандартних радіаторних секцій як конденсатори пари є можливим і має переваги над радіаторами з круглими трубками.

Незважаючи на постійну природу процесу теплообміну при конденсації всередині труб, розрахункові залежності для визначення коефіцієнта тепловіддачі були виведені декількома вченими незалежно один від одного виходячи з різних математичних формулювань початкових умов. При цьому отримані різними вченими розрахункові залежності суттєво відрізняються один від одного.

Так як у більшості теплообмінних апаратів відбувається плівкова конденсація, краплинна конденсація у роботі не розглядається. Представлені розрахункові залежності охоплюють два випадки конденсації:

- а) пар, що рухається, з ламінарним перебігом плівки конденсату;
- б) пар, що рухається, з турбулентним перебігом плівки конденсату.

В обох випадках розглянуто прямоочний рух пари та конденсату.

При конденсації пари в трубці відбувається зміна тиску та об'єму (пов'язана з фазовим переходом), що провокує «всмоктування» пари. Таким чином, пара не може залишатися нерухомою і завжди перебуває в русі.

Щоб визначити, наскільки близькі результати, одержувані за різними існуючими формулами, було здійснено розрахунок та зіставлено результати.

У розрахунках прийнято значення внутрішнього діаметра труби  $d = 0,01$  м (10 мм). Температура конденсації  $T_k = 100^\circ\text{C}$ , температура стінки  $T_c = 98^\circ\text{C}$ . Значення масової витрати пари  $G_{II}$  на вході в трубу було встановлено в діапазоні  $1 \cdot 10^{-5} \dots 0,05$  кг/с, що відповідає у цьому випадку значенню  $Re_{II} = 106,5 \dots 5,3 \cdot 10^5$ . Отримані значення коефіцієнтів тепловіддачі представлені як графік  $\alpha = f(Re_{II})$ :

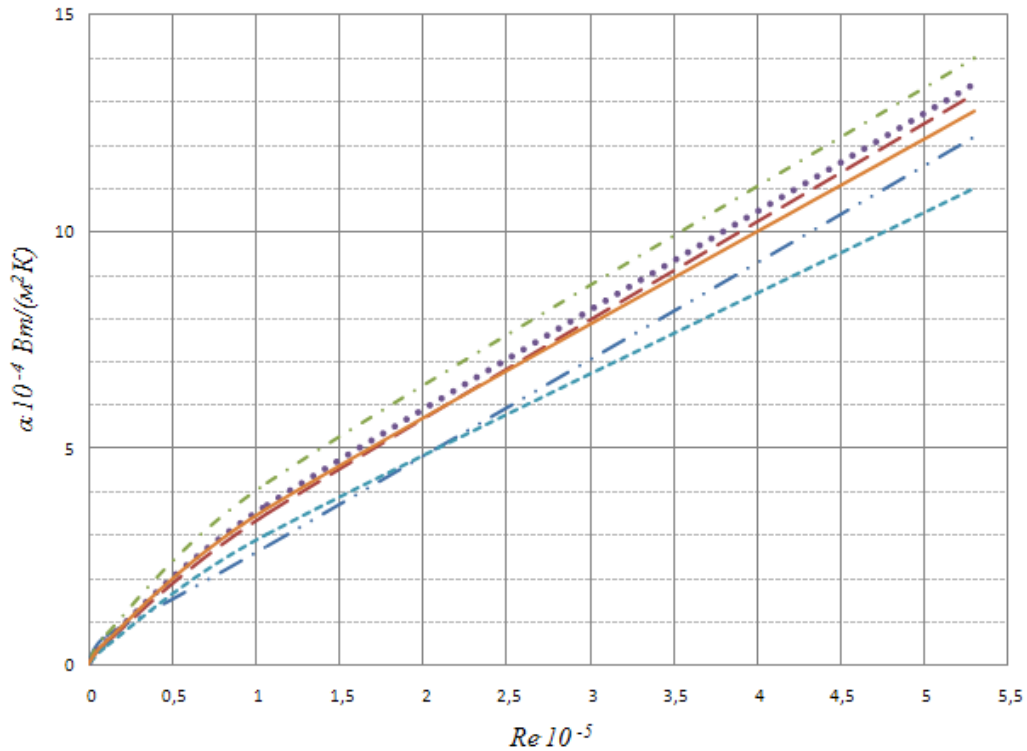


Рис.1. Графік залежності коефіцієнта тепловіддачі  $\alpha$  при конденсації пари всередині труб від критерію Рейнольдса пари  $Re_{II}$ .

Для оцінки результатів на рис. 1 представлені також усереднені значення коефіцієнта тепловіддачі  $\alpha_{ср}$ , розраховані за формулою середнього арифметичного значення:

$$\alpha_{срi} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{j=1}^n \alpha_{ij}, \quad (1)$$

де  $i$  – представляє залежність  $\alpha$  від  $Re_{II}$ ;

$j$  – номер варіанта розрахункової формули для  $\alpha$ ;

$n$  – кількість варіантів розрахункової формули для  $\alpha$ .

Для визначення середнього відхилення отриманих за різними існуючими формулами значень коефіцієнта тепловіддачі від значення коефіцієнта тепловіддачі  $\alpha_{cp}$ , була використана формула середнього лінійного відхилення:

$$\Delta\alpha_i = \frac{1}{n} \cdot \sum_{j=1}^n |\alpha_{ij} - \alpha_{cpi}|, \quad (2)$$

де  $\Delta\alpha_i$  – середнє лінійне відхилення в залежності від  $Re_{II}$ .

Максимальне значення середнього лінійного відхилення коефіцієнта тепловіддачі сягає  $\pm 23,4\%$ , а усереднене аналогічно формулі (1) –  $\pm 14,08\%$  (знак  $\pm$  представлений для наочності і означає відхилення з обох боків).

Звернемо увагу на той факт, що в основі деяких розрахункових залежностей для визначення коефіцієнта тепловіддачі при конденсації пари всередині труб лежать залежності від конденсації на вертикальній пластині. Це може спричинити неадекватну роботу розрахункових залежностей при певних значеннях внутрішнього діаметра труби.

Щоб визначити, наскільки з цієї точки зору близькі значення  $\alpha$ , одержувані за формулами, було здійснено розрахунок та зіставлено результати. У розрахунках прийнято значення критерію Рейнольдса  $Re_{II}=1 \cdot 10^4$ , а значення внутрішнього діаметра труби було встановлено в діапазоні  $d = 0,01 \dots 0,1$  м (труби більшого діаметра можна вважати плоскою стінкою, а труби меншого діаметра вимагають додаткових даних, так як конденсат може заповнити весь простір). Отримані значення коефіцієнтів тепловіддачі представлені у вигляді графіка  $\alpha=f(d)$  при  $Re_{II} = constant$ :

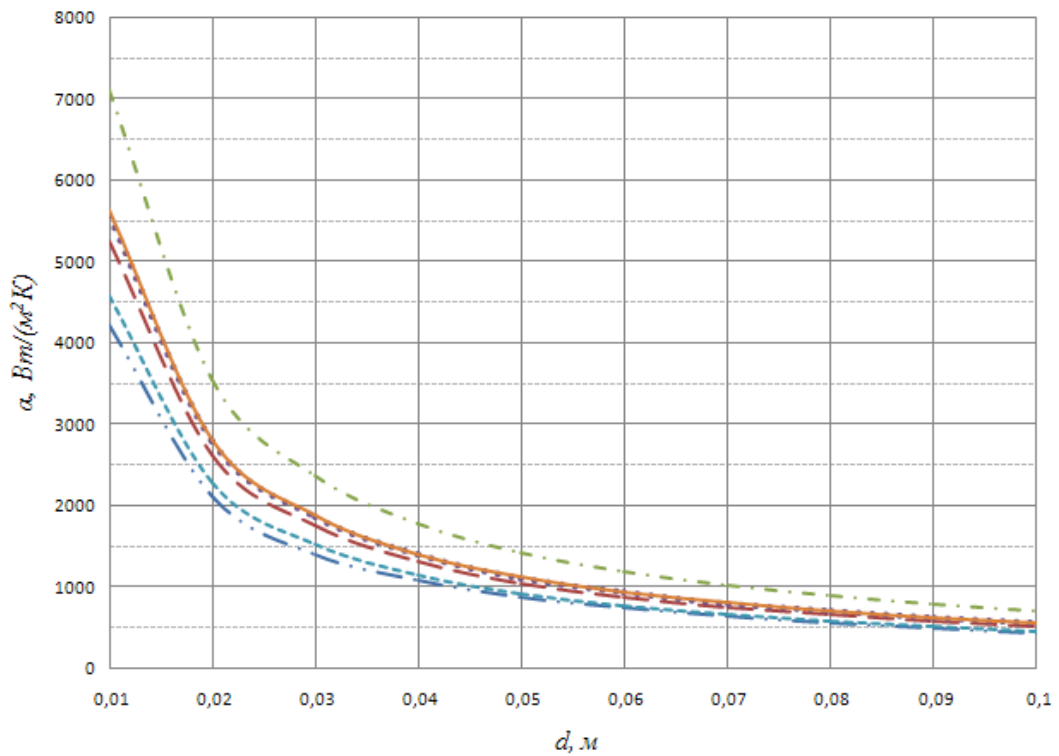


Рис.2. Графік залежності коефіцієнта тепловіддачі  $\alpha$  при конденсації пари всередині труб від значення внутрішнього діаметра труби  $d$  при  $Re_{II} = constant$ :

Максимальне значення середнього лінійного відхилення коефіцієнта тепловіддачі у разі досягає  $\pm 14\%$ , а усереднене дорівнює  $\pm 13,1\%$ .

У результаті розрахунку необхідної поверхні теплообміну конденсаторів спостерігається значна розбіжність одержуваних результатів. Відхилення значення коефіцієнта тепловіддачі  $\alpha$  при конденсації пари всередині труб, отриманого за різними розрахунковими залежностями, від середнього значення, досягає  $\pm 23,4\%$ . При цьому результати, отримані за різними формулами, можуть відрізнятися один від одного до  $46,8\%$ . Також варто звернути увагу на той факт, що при конденсації пари в трубах некруглого перерізу у розрахунках використовується еквівалентний діаметр. Це спрощення не враховує сили поверхневого натягу при розподілі плівки конденсату і, отже, збільшує похибку результатів, що одержуються.

*e-mail: vimogila1@ukr.net*

УДК 621.873

**Нсженцев О.Б., к.т.н., доц.**

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

## АНАЛІЗ ТА ПЕРЕТВОРЕННЯ РЕГРЕСІЙНИХ МОДЕЛЕЙ ВАНТАЖОПІДЙМАЛЬНИХ КРАНІВ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

При проведенні багатofакторних досліджень вантажопідіймальних кранів використовуються, як правило, поліноми другого порядку [1, 2]:

$$\hat{y} = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i z_i + \sum_{\substack{i,l=1 \\ i \neq l}}^k b_{il} z_i z_l + \sum_{i=1}^k b_{ii} (z_i)^2, \quad (1)$$

де  $\hat{y}$  - оцінка апроксимованого параметра;  $k$  - число факторів;  $z_i, z_l$  - кодовані значення факторів, що варіюються ( $i, l$  - порядкові номери факторів);  $b_0, b_i, b_{il}, b_{ii}$  - коефіцієнти регресії.

При великому числі факторів  $k$  рівняння (1) стає громіздким і незручним як для розрахунку, так і аналізу властивостей поверхні відгуку, визначення координат оптимуму. Дійсно, при  $k$  рівному, наприклад, п'яти число членів рівняння (1) становить 21, а при  $k$ , яке дорівнює семи - 36.

Для приведення полінома (1) до вигляду, зручного для аналізу, доцільно здійснювати його перетворення до стандартного канонічного виду [3]:

$$\hat{y} = y_s + \sum_{i=1}^k B_{ii} \chi_i^2, \quad (2)$$

де  $y_s$  - значення апроксимованого параметра на новому початку координат;  $\chi_i$  - канонічні змінні, які є лінійними функціями факторів  $z_i$ ;  $B_{ii}$  - коефіцієнти при квадратичних членах рівняння регресії.

Канонічне перетворення рівняння (1) полягає у виборі нової системи координат і містить: паралельне перенесення координат в екстремальну (центральну) точку поверхні відгуку та поворот координатних осей на кут  $\alpha$ .

Для паралельного перенесення початку координат у центр поверхні відгуку визначимо координати центру шляхом диференціювання рівняння (1) по кожній змінній та прирівнюємо приватні похідні нулю. Координати центру визначаються рішенням отриманої системи рівнянь

$$\frac{\partial \hat{y}}{\partial z_1} = 0; \quad \frac{\partial \hat{y}}{\partial z_2} = 0; \quad \dots; \quad \frac{\partial \hat{y}}{\partial z_k} = 0. \quad (3)$$

Після перенесення початку координат в новий центр поверхні відгуку  $y_s$ , вихідне рівняння (1) набуде вигляд

$$\hat{y} = y_s + \sum_{i,l=1;i \neq l}^k b_{il} z'_i z'_l + \sum_{i=1}^k b_{ii} (z'_i)^2, \quad (4)$$

де  $z'_i = z_i - z_{is}$ ;  $z_{is}$  - координати нового центру.

Після повороту координатних осей сума коефіцієнтів при квадратичних членах у початковому (1) і канонічному (2) рівняннях повинні бути однакові:

$$\sum_{i=1}^k b_{ii} \approx \sum_{i=1}^k B_{ii}. \quad (5)$$

В результаті канонічного перетворення отримаємо зручне рівняння (2), в якому кількість членів значно менша, ніж у початковому рівнянні (1).

За викладеною методикою було здійснено канонічне перетворення та аналіз рівнянь регресії, що апроксимують максимальні горизонтальні динамічні навантаження мостових кранів вантажопідйомністю 20/5т з прольотами від 10,5 до 34,5м. Вираз для розрахунку максимальних динамічних навантажень при пересуванні зазначених кранів до перетворення мав такий вигляд [4]:

$$\hat{S}^{неб} = 47,17 + 0,04z_1 + 1,59z_2 - 3,73z_3 + 4,60z_4 - 0,59z_1^2 - 0,04z_1z_2 + 0,04z_1z_3 - 0,14z_1z_4 - 1,13z_2^2 - 0,81z_2z_3 - 1,20z_2z_4 + 0,44z_3^2 - 0,64z_3z_4 - 0,55z_4^2; \quad (6)$$

де  $z_1 = (C_m - 69)/42$ ;  $C_m$  - коефіцієнт жорсткості металоконструкції крана в горизонтальній площині, кН/см;  $z_2 = (C_k - 0,2)/0,1$ ;  $C_k$  - умовний коефіцієнт жорсткості канатів, що дорівнює горизонтальній складовій натягу канатів при одиничному відхиленні вантажу, кН/см;  $z_3 = (m_k - 24)/6$ ;  $m_k$  - приведена до ходових коліс маса частин приводу, що обертаються, кінцевих балок і кінцевих частин пролітної будови крана, т;  $z_4 = (m_m - 22)/8$ ;  $m_m$  - приведена до середини прольоту маса середніх частин пролітної будови і порожнього візка, т.

Для канонічного перетворення рівняння (6) спочатку визначимо координати точки  $\hat{S}_S^{неб}$  - умовного центру поверхні відгуку та перенесемо початок координат в цю точку. Для цього продиференціюємо рівняння (6) по змінним  $z_i$  і прирівняємо отримані приватні похідні нулю:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial \hat{S}^{неб}}{\partial z_1} = 0,04 - 1,18z_1 - 0,04z_2 + 0,04z_3 - 0,14z_4 = 0; \\ \frac{\partial \hat{S}^{неб}}{\partial z_2} = 1,59 - 0,04z_1 - 2,26z_2 - 0,81z_3 - 1,20z_4 = 0; \\ \frac{\partial \hat{S}^{неб}}{\partial z_3} = -3,73 + 0,04z_1 - 0,81z_2 + 0,88z_3 - 0,64z_4 = 0; \\ \frac{\partial \hat{S}^{неб}}{\partial z_4} = 4,60 + 0,14z_1 - 1,20z_2 - 0,64z_3 - 1,10z_4 = 0. \end{array} \right. \quad (7)$$

Система лінійних алгебраїчних рівнянь (7) була вирішена методом Краута та отримані наступні координати нового центру  $z_{is}$ :  $z_{1S} = -0,37$ ;  $z_{2S} = -4,22$ ;  $z_{3S} = 4,82$ ;  $z_{4S} = 6,02$ . Також було обчислено головний визначник системи:  $D_c = -1,53$ . Оскільки  $D_c \neq 0$ , то поверхня відгуку, що відповідає рівнянню (6), є центральною, а її центр знаходиться за межами області визначення факторів.

Підставивши  $z_{is}$  в рівняння (6) отримаємо значення апроксимованого

параметра в новому центрі поверхні:  $S_S^{неб} = 48,81$  кН. Після перенесення початку координат у новий центр  $S_S^{неб}$ , рівняння (6) набуде наступного вигляду:

$$\hat{S}^{неб} = 48,81 - 0,59(z_1')^2 - 0,04z_1'z_2' + 0,04z_1'z_3' - 0,14z_1'z_4' - 1,13(z_2')^2 - 0,81z_2'z_3' - 1,20z_2'z_4' + 0,44(z_3')^2 - 0,64z_3'z_4' - 0,55(z_4')^2, \quad (8)$$

де нові координати  $z_i'$  пов'язані зі старими  $z_i$  наступними співвідношеннями:

$$z_1' = z_1 - z_{1S}; \quad z_2' = z_2 - z_{2S}; \quad z_3' = z_3 - z_{3S}; \quad z_4' = z_4 - z_{4S}. \quad (9)$$

На другому етапі перетворення звільнимось від членів  $\sum_{i,l=1}^k b_{il} z_i' z_l'$  та визначимо коефіцієнти  $B_{ii}$  рівняння (8) у канонічній формі. Для цього знайдемо корні характеристичного полінома  $P_k(B)$ :

$$P_k(B) = \det(\vec{b}_{il} - B \cdot \vec{E}), \quad (10)$$

де  $\vec{E}$  – одинична матриця  $k \times k$ ;  $\vec{b}_{il}$  - квадратна матриця коефіцієнтів рівняння регресії при квадратичних членах та членах взаємодії факторів.

Після відповідних перетворень отримаємо

$$B^4 + 1,83B^3 + 0,017B^2 - 0,61B - 0,10 = 0. \quad (11)$$

Коріння полінома (11) були визначені за допомогою чисельного методу Ньютона-Рафсона:  $B_{11} = -0,17$ ;  $B_{22} = -0,62$ ;  $B_{33} = 0,57$ ;  $B_{44} = -1,61$ .

Тоді рівняння (8) у канонічній формі має вигляд:

$$\hat{S}^{неб} = 48,81 - 0,17\chi_1^2 - 0,62\chi_2^2 + 0,57\chi_3^2 - 1,61\chi_4^2. \quad (12)$$



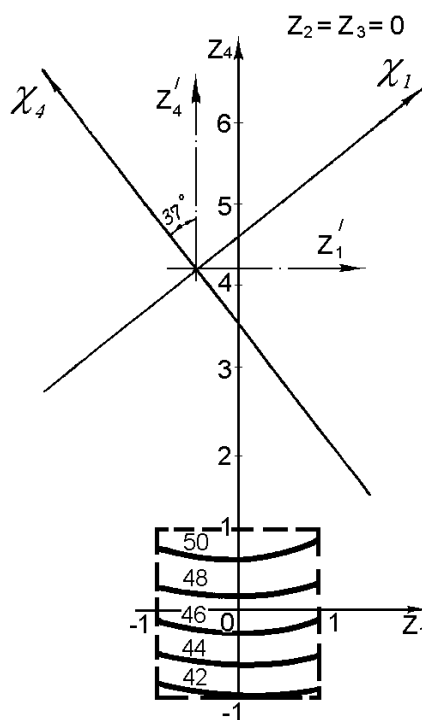
Для практичних розрахунків зручні графіки ліній рівних відгуків максимальних горизонтальних навантажень ( $S^{неб}$ ) залежно від жорсткості металоконструкції крана в горизонтальній площині ( $z_1$ ) і приведеної маси моста крана ( $z_4$ ) при фіксованих значеннях  $z_2, z_3$  (наприклад, у центрі плану  $z_2 = z_3 = 0$ ). У цьому випадку рівняння (6) набуде вигляду

$$\hat{S}^{неб} = 47,17 + 0,04z_1 + 4,60z_4 - 0,59z_1^2 - 0,14z_1z_4 - 0,55z_4^2. \quad (13)$$

Після приведення рівняння (13) до канонічного виду отримаємо

$$\hat{S}^{неб} = 56,92 - 0,50\chi_1^2 - 0,64\chi_4^2. \quad (14)$$

На рисунку показані лінії рівних відгуків максимальних горизонтальних навантажень мостових кранів вантажопідйомністю 20/5т та геометрична інтерпретація канонічного перетворення рівняння (13).



Рисунок

Поверхня відгуку, що описується рівнянням (14), являє собою еліптичний параболоїд, оскільки коефіцієнти  $B_{11}$ ,  $B_{44}$  мають однакові знаки. Причому центр поверхні (точка з координатами  $z_{1S} = -0,47$ ;  $z_{4S} = 4,23$ ) знаходиться за межами області визначення факторів.

Таким чином, розглянуте перетворення рівнянь регресії дозволяє не тільки представити їх у компактному вигляді, зручному для інженерних розрахунків, але й дає можливість отримати геометричну інтерпретацію поверхні відгуку, що полегшує вибір оптимальних параметрів крана, від яких залежить рівень динамічних навантажень металоконструкцій кранів на стадії проектування.

#### Література

1. Неженцев О.Б. Зниження динамічних навантажень при гальмуванні мостового крана шляхом оптимізації механічної характеристики електроприводу // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Серія Машинобудування. – Київ, 2015, Вип. №3(75). – С. 151 – 158.
2. Неженцев А.Б., Бойко Г.А., Збитнев П.В. Анализ динамических нагрузок при торможении мостовых кранов с частотным управлением приводов передвижения // Підйомно-транспортна техніка, №3(55). - Одеса, 2017. – С. 8-20.
3. Нечаєв В.П. Теорія планування експерименту: Навч. посібник / В.П. Нечаєв, Т.М. Берідзе, В.В. Кононенко – К.: Кондор, 2005. – 232 с
4. Будиков Л.Я. Многопараметрический анализ динамики грузоподъемных кранов мостового типа. – Луганськ: вид-во СНУ ім. В.Даля, 2003.- 210 с.

*e-mail: nezhentsev007@gmail.com*

УДК 629.014: 625.1.03

<sup>1</sup>Сапронова С.Ю., д.т.н., проф.,

<sup>1</sup>Ткаченко В.П., д.т.н., проф., <sup>2</sup>Зуб Є.П.,

<sup>1</sup>Державний університет інфраструктури та технологій, Україна

<sup>2</sup>Київський фаховий коледж транспортної інфраструктури, Україна

## РОЗРАХУНОК КІНЕМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТА ЇХ ПЕРЕРОЗПОДІЛ МІЖ ОСНОВНИМ І ГРЕБНЕВИМ КОНТАКТАМИ КОЛЕСА ІЗ РЕЙКОЮ

Як відомо, напрямок екіпажів рейковою колією здійснюється завдяки традиційно сформованій конструкції колісних пар і особливій формі поверхонь кочення коліс, що включає основну ділянку, або поверхню кочення, що плавно переходить в реборду, або гребінь. Незважаючи на велику різноманітність профілів коліс на залізницях світу, форма їх гребнів має багато спільного. При русі екіпажу колією, залежно від поперечного положення колісних пар щодо поздовжньої осі колії, можуть мати місце три варіанти контактування коліс з рейками: одно-точковий контакт по поверхні кочення (основний контакт) без гребневого торкання, двох-точковий контакт з одночасним спіранням по поверхні кочення і по гребню або одно-точковий гребневий контакт [1, 2].

Дослідженню проблем двох-точкового гребневого контактування та, зокрема, його кінематичних характеристик присвячено досить багато робіт, проте досі немає достатньо точного опису процесу перерозподілу параметрів контактування між контактами [3, 4].

Розглянемо приклад розташування контактів при двох-точковому гребневому контактуванні в системі координат профілю колеса  $O_{jkm} X_{jkm} Y_{jkm} Z_{jkm}$  (рис. 1). Початок координат профіля колеса  $O_{jkm}$  прийнято на поверхні кочення колеса в її центрі в вертикальній площині, яка проходить через вісь обертання колісної пари. Вісь  $O_{jkm} Y_{jkm}$  паралельна осі обертання колісної пари. Ось  $O_{jkm} Z_{jkm}$

напрямлена вертикально вгору. Вісь  $O_{jkm}X_{jkm}$  перпендикулярна осям  $O_{jkm}Y_{jkm}$  і  $O_{jkm}Z_{jkm}$  і напрямлена в бік руху візка. У системі координат кожного профілю визначаються координати першого (I) та другого (II) контактів –  $K_I(x_I, y_I, z_I)$ ,  $K_{II}(x_{II}, y_{II}, z_{II})$ .

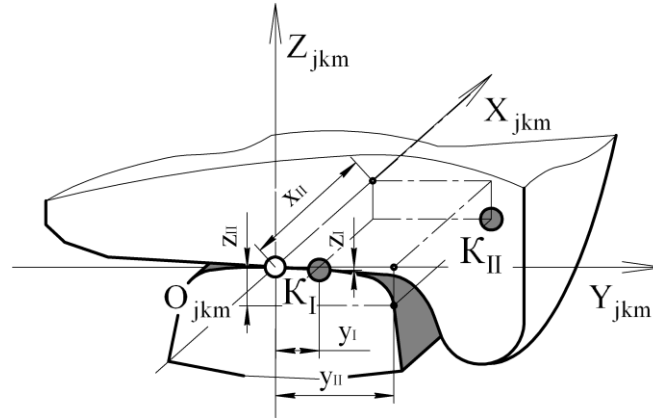


Рисунок 1 – Координати першого і другого контактів в системі координат профіля колеса

Прийmemo припущення про те, що  $x_I = 0$ . Контакткування колеса та рейки відбувається за деякими площинами контакту, розміри яких можуть бути визначені при вирішенні контактного завдання. Контактні реакції – нормальне навантаження, поздовжня та поперечна сили зчеплення – розглядаються прикладеними в центрах плям контактів, що умовно називають точками контакту.

Параметри контактування поділяються на геометричні, кінематичні та динамічні. В індексах параметрів позначено:

I, II – номер контакту колеса з рейкою (I – перший контакт, тобто контакт по поверхні кочення; II – другий контакт, тобто гребневий контакт);

j – номер колеса в колісній парі (j=1 – ліве колесо по ходу руху екіпажу, j=2 – праве колесо);

k – номер колісної пари в кожному візку (k=1, 2, 3);

m – номер візка (m=1, 2).

При двох-точковому контакті мають місце дві системи параметрів, відповідно для основного (I) і гребневого (II) контактів. У загальному випадку

контакти матимуть позначення з урахуванням номерів колеса, колісної пари та візка:  $K_{Ijkm}$ ,  $K_{IIjkm}$ .

До геометричних параметрів контактування відносяться:

- координати точок контактів у системі координат профілю колеса  $O_{jkm}$   $X_{jkm}$   $Y_{jkm}$   $Z_{jkm}$ , відповідно для першого та другого контактів –  $x_I$ ,  $x_{II}$ ,  $y_I$ ,  $y_{II}$ ,  $z_I$ ,  $z_{II}$  (рис.1);

- радіуси по колах кочення, відповідно для першого та другого контактів  $j$ -того колеса  $k$ -ї колесної пари  $m$ -ї тележки –  $R_{Ijkm}$ ,  $R_{IIjkm}$ ;

$$R_{Ijkm} = R_0 - z_{Ijkm}; \quad R_{IIjkm} = \sqrt{(R_0 - z_{IIjkm})^2 + x_{IIjkm}^2}, \quad (1)$$

де  $R_0$  – радіус колеса по колу кочення на початку координат  $O_{jkm}$ ;

- нахили профілю колеса в першому і другому контактах  $j$ -того колеса  $k$ -ї колісної пари  $m$ -го візка –  $\gamma_{Ijkm}$ ,  $\gamma_{IIjkm}$ ;

- кут між площиною обертання колеса та поздовжньою віссю колії – кут набігання –  $\psi$ .

Завдання розрахунку геометричних параметрів контакту колеса з рейкою полягало у визначенні залежностей координат точок контактів –  $K_{Ijkm}(x_{Ijkm}, y_{Ijkm}, z_{Ijkm})$ ,  $K_{IIjkm}(x_{IIjkm}, y_{IIjkm}, z_{IIjkm})$ ; радіусів поверхонь кочення колеса у точках контактів –  $R_{Ijkm}$ ,  $R_{IIjkm}$ ; ухилів профілів коліс в точках контактів –  $\gamma_{Ijkm}$ ,  $\gamma_{IIjkm}$  від відносного положення коліс та рейок, що визначається поперечним зміщенням колеса та рейок –  $\Delta y_{jkm}$  і кутом набігання колісної пари –  $\psi_{km}$ .

На рис.2 показана схема розподілу швидкостей ковзання в контактах, где  $K_0$  – миттєвий центр, а лінія  $k_0 - k_0$  – миттєва вісь обертання колеса.

Якщо врахувати, що

$$V = \dot{\phi} \cdot R_0 \cdot \cos \psi, \quad (2)$$

тоді

$$R_k = R_0 + A \cdot \frac{\dot{\psi}}{\dot{\phi}} . \quad (3)$$

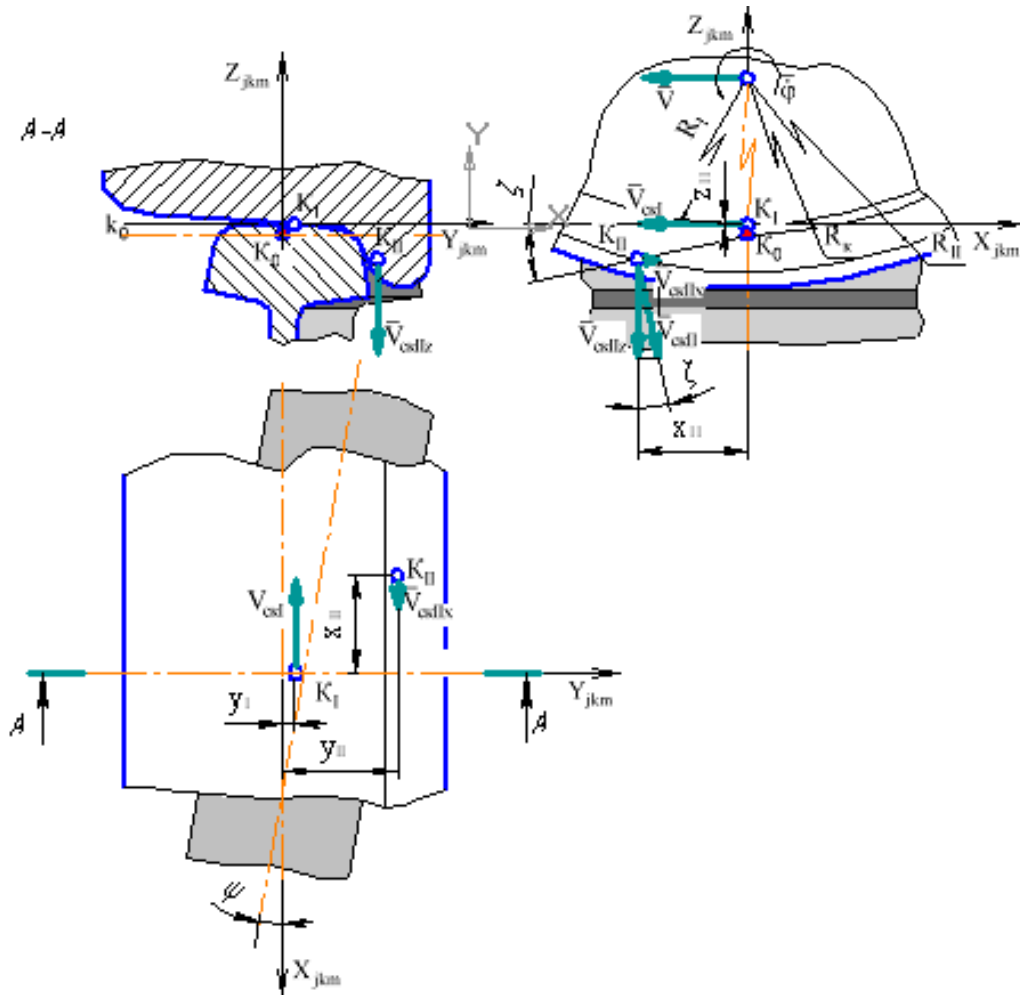


Рисунок 2 – Схема розподілу швидкостей ковзання в контактах колеса з рейкою при двох-точковому контактуванні

Швидкість ковзання в основному контакті може бути визначена з виразу:

$$V_{окл} = (R_1 - R_k) \cdot \dot{\phi} , \quad (4)$$

$$V_{окл} = (R_1 - R_0) \cdot \dot{\phi} - A \cdot \dot{\psi} . \quad (5)$$

Швидкість ковзання у гребневому контакті визначається наступним чином (рис.2):

$$V_{\text{ckll}} = \dot{\phi} \cdot \sqrt{\left(z_{\text{ll}} - z_1 + R_1 - R_0 - A \cdot \frac{\dot{\psi}}{\dot{\phi}}\right)^2 + x_{\text{ll}}^2} \quad (6)$$

Поздовжня  $V_{\text{ckllx}}$  і вертикальна  $V_{\text{ckllz}}$  складові швидкості ковзання  $V_{\text{ckll}}$  визначаються

$$V_{\text{ckllx}} = V_{\text{ckll}} \cdot \sin \zeta ; \quad (7)$$

$$V_{\text{ckllz}} = V_{\text{ckll}} \cdot \cos \zeta , \quad (8)$$

де кут  $\zeta$  дорівнює:

$$\zeta = \arctg \left( \frac{z_{\text{ll}} - z_1 + R_1 - R_0 - A \cdot \frac{\dot{\psi}}{\dot{\phi}}}{x_{\text{ll}}} \right). \quad (9)$$

Методика визначення кінематичних параметрів двох-точкового гребневого контактування є базою для розрахунку контактних сил взаємодії коліс з рейками. На відміну від відомих, представлена методика відрізняється більш точним описом перерозподілу кінематичних параметрів між контактами та дає можливість прогнозувати зноси коліс рухомого складу залізниць.

#### Література

1. Yunfan Yang, Liang Ling, Chao Wang, Zhiqiang Liu, Kaiyun Wang & Wanming Zhai (2022) Wheel/rail dynamic interaction induced by polygonal wear of locomotive wheels, *Vehicle System Dynamics*, 60:1, 211-235, DOI: [10.1080/00423114.2020.1807572](https://doi.org/10.1080/00423114.2020.1807572)

2. Х. Хейман. Направление железнодорожных экипажей рельсовой колеей. М: Трансжелдориздат, 1957. 416 с.
3. Блохина А.С. Метод оценки профилей колес подвижного состава. *Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна*. Вип. 26, Розділ «Економіка транспорту». Дніпропетровськ. 2009. с.176-181.
4. Сапронова С.Ю., Воронько О.М. Вплив профілю гребеня коліс на стійкість локомотивів від сходу з рейок. *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В.Даля*. Луганськ: Вид-во СНУ ім. В.Даля, 2010. №1 [143]. Ч.2. С.180-190.

*e-mail: doc.sapronova@gmail.com*



УДК 629.4.027

**Семенов С.О., к.т.н., доц., Михайлов Є.В., к.т.н., доц.**  
Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

## **АНАЛІЗ РУХУ КОЛІСНОЇ ПАРИ З КОЛЕСАМИ ПЕРСПЕКТИВНОЇ КОНСТРУКТИВНОЇ СХЕМИ**

Відомо, що при русі рейкових екіпажів, особливо у кривих ділянках колії середнього та малого радіусу, відбувається найбільш інтенсивний спротив руху та підвищений знос гребенів коліс. Причина полягає у тому, що колісна пара не може пройти криву без контакту гребеня колеса і зовнішнього рейки, а так як сила взаємодії гребеня колеса з рейкою на поверхні катання істотно більше, ніж на гребені, прослизання там незначно і залишається в квазіпружній області, тоді як на гребені розвивається чисте ковзання. Тому пошук шляхів, які направлені на вирішення цієї проблеми, є доцільним та актуальним.

Як показали попередні дослідження [1, 2], є потенціал щодо реальної можливості зниження прослизання в гребеневому контакті і, відповідно, зменшення опору руху та зносу контактуючих поверхонь гребеня і рейки [3].

Ефект від застосування коліс перспективної конструктивної схеми полягає в тому, що при взаємодії гребеня такого колеса з рейкою кутова його швидкість може бути менше, ніж кутова швидкість опорної поверхні кочення, в результаті чого величина шляху прослизання гребеня по бічній грані головки рейки буде зменшена в порівнянні такої для колісної пари традиційної конструкції, що є особливо відчутним в кривих ділянках шляху малого та середнього радіусу. Відповідно, також буде зменшена і робота сил тертя в гребневих контактах, яка визначає рівень зносу контактуючих поверхонь гребеня колеса і рейки. Для вивчення перспектив використання коліс перспективної конструктивної схеми в екіпажних частинах рейкового транспорту була удосконалена математична модель руху колісної пари в рейковій колії [3, 4], яка відображала зазначені особливості конструктивної схеми колеса.

При складанні математичної моделі були прийняті загальновідомі припущення, які використовувалися при вирішенні подібних завдань даної області динаміки [4, 5], тобто колісна пара, що взаємодіє з рейковим шляхом, представлена у вигляді нелінійної механічної системи, що складається з абсолютно твердих тіл, з'єднаних пружними і дисипативними (в'язкого або сухого тертя) зв'язками. Рейковий шлях представлений у вигляді балок нескінченної довжини, що лежать на однорідному пружному підставі. Інерційні характеристики шляху враховувалися в вигляді постійної маси, приведеної до колеса в точці їх контакту. В поперечному пружно-в'язкі характеристики рейки моделювалися пружиною з в'язким тертям. Горизонтальні поперечні переміщення шляху а також кручення рейок навколо поперечної осі не враховувалися. Приймалося, що до моменту торкання гребеня з бічною гранню рейки віджимання останнього відсутня, тобто поперечна складова сили тертя в контактні колеса з рейкою віджимання останнього не викликає, що спрощує рішення задачі без істотної втрати точності обчислень. Розглядався рух колісної пари з постійною лінійною швидкістю при відсутності сили тяги або гальмування.

Для порівняльної оцінки зниження зносу коліс нової і традиційної конструктивної схеми використаний енергетичний критерій (E), який являє собою роботу сил тертя (A) в гребневому контактні, що припадає на одиницю пройденого шляху (S)

$$E = A/S \quad (1)$$

При використанні коліс перспективної конструктивної схеми значення зниження роботи сил тертя в гребневому контактні в порівнянні з колесами традиційної конструкції визначено як добуток величини (різниці кутів повороту гребеня і колеса) на усереднене по кожному імпульсу дії направляючого зусилля значення впливає на відповідний гребінь моменту сил тертя у гребневому контактні.

В результаті математичного моделювання встановлено певні переваги у випадку застосування коліс перспективної конструктивної схеми. Це зменшення величини роботи сил тертя в гребневих контактах (до 30% у порівнянні з колесами стандартної конструкції), що дає підстави очікувати відповідних менших величин опору руху та зносу взаємодіючих поверхонь (гребенів і бічних граней голівок рейок). В свою чергу, використання подібних технічних рішень у ходових частинах підвищить енергоефективність рухомого складу.

### Література

1. Evgeny Mikhailov, Stanislav Semenov, Svitlana Saprionova, Viktor Tkachenko. On The Issue Of Wheel Flange Sliding Along The Rail. In: K. Gopalakrishnan et al. (Eds.): TRANSBALTICA. LNITI, Vilnius, Lithuania. Springer, Cham., 2020. pp. 377–385.
2. Mikhailov E., Semenov S., Panchenko E. The possibility of reducing kinematic slip with two-point contacting with rail wheel railway vehicle. *TEKA. COMMISSION OF MOTORIZATION AND ENERGETICS IN AGRICULTURE*. 2013. Vol. 13, №3, 03-08. P. 139-145.
3. Mikhailov E., Semenov S., Reidemeister O. Decline of resistance to motion on railway rolling stock due to the use of wheels of perspective structural chart. Globalization of scientific and educational space. Innovations of transport. Problems, experience, prospects: thesis, 26-27 January, 2016. Strasbourg (France) – Severodonetsk: Volodymyr Dal East Ukrainian National University, 2016. P. 76-78.
4. Семенов С.О. Особливості руху колісної пари з рухомими гребенями. *Вісник ХНТУ*. 2014, № 4 (51). С. 36 – 40.
5. Голубенко А.Л. Сцепление колеса с рельсом. -Луганск: ВУГУ, 1999. - 476 с.

*e-mail: semenov@snu.edu.ua*

УДК 629.123

**Терлич С.В., к.т.н.**

Херсонський науково-навчальний інститут Національного університету кораблебудування  
імені адмірала Макарова, Україна

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ДЕФОРМАЦІЙ ПЛАСТИН ІЗ КРУГЛИМИ ВИРІЗАМИ ДЛЯ МЕТАЛЕВИХ БАШТ ПЛАВУЧОГО ДОКУ**

У складі металевих башт плавучих ремонтних доків досить часто зустрічаються пластини із круглими вирізами, які передбачено як для зменшення маси конструкцій, так і для забезпечення доступу до різноманітних приміщень. При виготовленні секцій башт плавучого доку вирізування отворів діаметром більше 60 мм здійснюється киснево-ацетиленовим або плазмовим вирізуванням. Нерівномірне розподілення високих температур, яке характерне для цих технологій вирізування після охолодження металу, *призводить до створення до залишкових деформацій та механічних напружень*. Під час приварювання до пластини кільцевого пояску або ребра жорсткості, які найчастіше підкріплюють кромку отвору, також *виникає залишковий напружено-деформований стан*. Слід зазначити, що саме плавучі доки (на відміну від транспортних, промислових, спеціальних та інших суден) сприймають значні знакозмінні та періодичні механічні навантаження під час занурення або спливання із судном, яке докується [4]. Таким чином, залишкові деформації та напруження, які зумовлені технологією виготовлення отворів, здійснюють вплив на міцність та надійність конструкцій башт плавучих доків.

Для оцінювання технологічних деформацій пластини можна ввести фіктивне радіальне навантаження, яке рівномірно розподілене по контуру отвору і направлене до його центру. Величина цього навантаження може бути знайдена шляхом розгляду умов рівноваги виділеної ділянки зони пластичних деформацій елементарної довжини

$$q = \frac{\nu E}{sr_0}, \quad (1)$$

де  $q$  – фіктивне радіальне навантаження, Па;  $E$  – модуль пружності першого роду металу пластини, Па;  $\nu$  – погонний об'єм поздовжнього укорочення, яке викликане зварюванням або різанням, м<sup>2</sup>;  $s$  – товщина металу пластини, м;  $r_0$  – радіус вирізу, м.

Погонний об'єм поздовжнього укорочення залежить в основному від теплофізичних характеристик металу та ефективної погонної енергії зварювання та різання. Він може бути розрахований за широко відомою методикою у суднобудуванні [11]. Для суднових конструкцій при природньому охолодженні об'єм поздовжнього укорочення становить

$$\nu = 0,29 \frac{\alpha}{c\gamma} q_{II}, \quad (2)$$

де  $\frac{\alpha}{c\gamma}$  – коефіцієнт теплової деформації, м<sup>3</sup>/Дж;  $q_{II}$  – ефективна погонна енергія при зварюванні та різанні, Дж/м;  $c = \frac{r_0}{R}$ ;  $R$  – зовнішній радіус пластини, м.

При цьому можна використовувати відомі рівняння теорії пружності для пластини із круговим отвором, контур якого піддається рівномірному тиску. У даному випадку використане рівняння Дорохова П.І. [12]

$$q_1 = \frac{\frac{r_0}{s_1}}{\frac{1+k^2}{1-k^2} + \mu - \frac{r_0}{s_1}} q, \quad (3)$$

де  $q_1$  – фіктивне радіальне навантаження, яке сприймає пластина, Па;  $k$  – поправочний коефіцієнт;  $\mu$  – коефіцієнт Пуассона;  $s_1$  – товщина пояску, м.

Виконані за залежністю (3) розрахунки показали, що для реальних значень  $\frac{r_0}{s_1}$  та  $k$  частина навантажень, яка сприймається пластиною, складає 0,90...0,99 від загальної, яка визначена за залежністю (1) з урахуванням (2). Таким чином, із похибкою у безпечний бік можна стверджувати, що пластина сприймає своє фіктивне навантаження, яке має місце під час різання та зварювання.

Виходячи з цього, із використанням відомих рішень теорії пружності [13] знайдено радіальні та окружні деформації пластини

$$\begin{aligned} \varepsilon_r &= \frac{q}{E(1-k^2)} \left[ (1+\mu) \left( \frac{r_0}{r} \right)^2 - (1-\mu)k^2 \right]; \\ \varepsilon_t &= -\frac{q}{E(1-k^2)} \left[ (1+\mu) \left( \frac{r_0}{r} \right)^2 + (1-\mu)k^2 \right], \end{aligned} \quad (4)$$

де  $\varepsilon_r$  – радіальна деформація;  $\varepsilon_t$  – окружна деформація;  $r$  – відстань від точки, у якій відбувається деформація до центру отвору, м.

Співставлення результатів вимірювань із розрахунками показано на рисунку 1. Як видно, їх збіг свідчить про можливість використання залежностей (1), (2) та (4) для розрахунку технологічних деформацій пластин із круглими отворами.

Із теорії зварювальних деформацій та напружень відомо, що при зварюванні колових швів та вварюванні в листи жорстких фланців критичні радіальні напруження залежать виключно від радіусу зони пластичних деформацій і практично не залежать від зовнішнього діаметру пластини. Критичні напруження в даному випадку можна визначити як

$$\sigma_{r \text{ кр}} = \frac{3D}{r_n^2 s}, \quad (5)$$

де  $D$  – циліндрична жорсткість пластини, Н·м;  $r_n = r_0 + b_{\text{п}}$  – радіус зони пластичних деформацій, м;  $b_{\text{п}}$  – ширина зони пластичних деформацій, м.

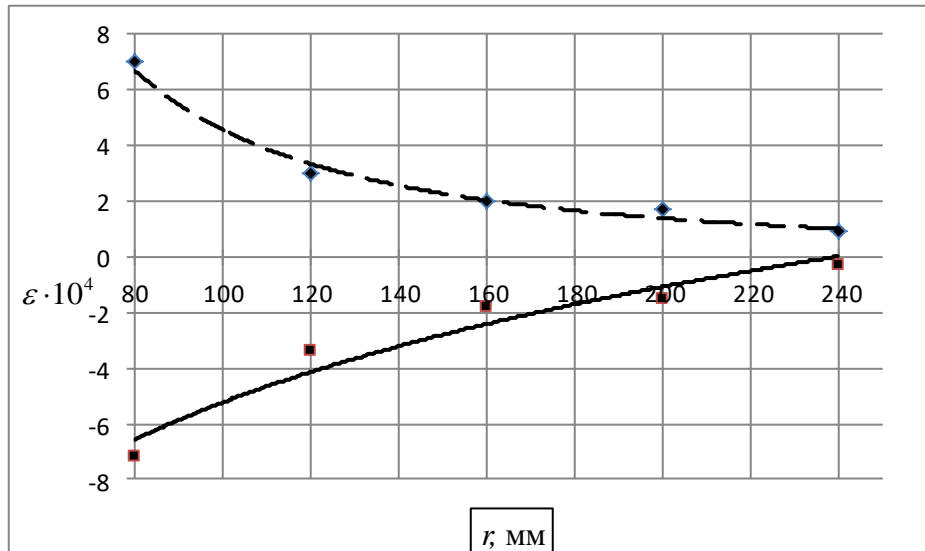


Рисунок 1 – Деформації від теплового вирізування сталевій пластині круглого отвору діаметром 160 мм

- теоретичний розподіл радіальних деформацій
- ◆ експериментальний розподіл радіальних деформацій
- теоретичний розподіл колових деформацій
- експериментальний розподіл колових деформацій

Зовнішні навантаження, при яких даний вид пластин може втратити стійкість, можна визначити за залежністю

$$\sigma_B = K_E \sigma_{кр}, \quad (6)$$

де  $K_E$  – коефіцієнт, який враховує наявність технологічного напружено-деформованого стану;  $\sigma_{кр}$  – критичні напруження, Па.

Для визначення коефіцієнту  $K_E$  застосовувалася теорема П.Ф. Папковича, згідно якої  $\frac{q}{\sigma_{r\text{кр}}} + \frac{\sigma_B}{\sigma_{кр}} = 1$

Тоді

$$K_E = 1 - \frac{q}{\sigma_{r\text{кр}}}. \quad (7)$$

Із використанням залежностей (7), (5) та (1) коефіцієнт  $K_E$  розраховано для суднобудівних маловуглецевих та низьколегованих сталей. Як видно із наведених залежностей, цей коефіцієнт, який враховує наявність технологічного напружено-деформованого стану, знаходиться у широкому діапазоні та залежить від конкретних технологій вирізування та зварювання, а також від товщини пластини та радіусу отвору.

Резюме. 1. Виконання круглих отворів у пластинах башт плавучого доку викликає створення технологічного залишкового напружено-деформованого стану, складові якого можуть бути визначені за допомогою наведених у статті залежностей.

2. Під час проектування конструкцій металевих башт плавучих доків розміри отворів із вільними та підкріпленими поясками кромками повинні прийматися так, щоб одразу після виконання цих отворів не виникала втрата стійкості.

3. Наявність залишкового технологічного напружено-деформованого стану призводить до зниження стійкості металевих пластин башт із круглими отворами, які можна врахувати за допомогою введення коефіцієнта  $K_E$ , який залежить від технологій вирізування та/або зварювання, а також товщини пластини та радіусу отвору.

*e-mail: stterlych@ukr.net*



УДК 629.463.65

<sup>1</sup>Фомін О. В., д.т.н., проф., <sup>2</sup>Ловська А. О., д.т.н., доц.,

<sup>3</sup>Сова С.С., аспірант

<sup>1</sup>Державний університет інфраструктури та технологій, Україна

<sup>2</sup>Український державний університет залізничного транспорту, Україна

<sup>3</sup>Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, Україна

## **ВИЗНАЧЕННЯ НАВАНТАЖЕНОСТІ КРИШКИ ЛЮКА НАПІВВАГОНА ІЗ ПОЛІМЕРНОГО КОМПОЗИЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ**

Одним із основних факторів успішного розвитку економіки є злагоджене функціонування транспортної галузі. Відомо, що однією з найбільш перспективних складових транспортної інфраструктури є залізничний транспорт.

Значну частку від загального вантажооберту вантажів, які перевозяться залізницею складають насипні та навалювальні. Перевезення таких вантажів здійснюється здебільшого у напіввагонах. При цьому одним з найбільш пошкоджуваних елементів несучих конструкцій напіввагонів є кришки люків. Наприклад, за даними 2019 р. лише за несправністю запорів кришок люків поточний ремонт пройшли 35750 вагонів. Ці дані визначені на підставі обробки даних ГІОЦ УЗ. Така обставина зумовлює необхідність додаткових капітальних вкладень на ремонт складових напіввагонів, а відповідно викликає їх вимушений простій.

У зв'язку з цим необхідним є створення заходів, спрямованих на покращення показників міцності кришок люків напіввагонів при експлуатаційних режимах.

Для забезпечення міцності кришки люка при експлуатаційних режимах навантаження пропонується виготовлення листа із полімерного композиційного матеріалу, а обв'язування – із П-подібного профілю, перекритого горизонтальним листом (рис. 1). В зонах взаємодії П-подібного профілю з

горизонтальним листом є можливим створення округлення для зменшення концентрації напружень.



Рис. 1. Переріз обв'язування кришки люка

а) типове; б) удосконалене

При цьому момент опору перерізу удосконаленої конструкції обв'язування відносно осі  $Y$  збільшується на 17,5% у порівнянні з типовим перерізом. Важливо сказати, що запропонована кришка люка має масу на 12% меншу за типову конструкцію.

Для визначення міцності кришки люка проведено розрахунок в програмному комплексі SolidWorks Simulation, який реалізує метод скінчених елементів. Графічні роботи здійснені в програмному комплексі SolidWorks.

На першопочатковому етапі дослідження проведено визначення міцності кришки люка при таких режимах навантаження:

- дія розподіленого в центрі кришки люка за площею 25x25 см навантаження у 50 кН (I схема);

- дія за площею кришки люка рівномірнорозподіленого навантаження у 69,9 кН, яке складається з сили ваги бруто кришки люка та динамічного навантаження (II схема).

Оскільки каркас кришки люка є металевим, а лист – із полімерного композиційного матеріалу, то вони розраховувалися окремо.

При розрахунку на міцність листа використано критерій максимальних напружень. Закріплення листа здійснювалося в зонах його взаємодії з каркасом. При цьому використовувалося жорстке защемлення. Лист розглядався у вигляді

одношарової оболонки. Для прикладення навантаження за центром листа на ньому встановлювалася накладка, яка імітувала зону дії навантаження.

Результати проведених розрахунків показали, що максимальні напруження виникають в середній частині кришки люка та складають 102,3 МПа, тобто не перевищують допустимих значень. Важливо сказати, що отримані напруження на 25% нижчі ніж у типовій конструкції кришки люка.

Для визначення міцності каркаса кришки люка проведено розрахунок на міцність за критерієм Мізеса, тобто використано IV теорію міцності (енергетичну).

Результати розрахунків показали, що максимальні еквівалентні напруження зосереджені в середньому поясі каркаса та складають 192,7 МПа, а отже не перевищують допустимі значення. Необхідно відмітити, що отримана величина напружень на 10% нижча за напруження в типовій конструкції кришки люка.

Також розрахунок проведений і стосовно II схеми навантаження кришки люка. Результати проведених розрахунків показали, що максимальні напруження в листі складають 97,4 МПа, а в обв'язуванні – 176,1 МПа. Отже міцність запропонованої кришки люка при розглянутих схемах її навантаження забезпечується.

Наступним кроком в рамках даних досліджень є визначення міцності кришки люка при динамічних та наднормованих навантаженнях, які мають місце у експлуатації. Також авторами у перспективі планується проведення експериментального визначення міцності кришки люка напіввагона за допомогою методу електричного тензOMETрування.

Проведені дослідження сприятимуть зменшенню пошкоджень кришок люків в експлуатації та витрат на утримання напіввагонів, а також будуть корисними напрацюваннями при проектуванні їх сучасних конструкцій.

*e-mail: fomin1985@ukr.net*

УДК 629.463.62

<sup>1</sup>Фомін О. В., д.т.н., проф., <sup>2</sup>Ловська А. О., д.т.н., доц.,

<sup>3</sup>Литвиненко А. С., аспірант

<sup>1</sup>Державний університет інфраструктури та технологій, Україна

<sup>2</sup>Український державний університет залізничного транспорту, Україна

<sup>3</sup>Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, Україна

## **ДОСЛІДЖЕННЯ НАВАНТАЖЕНОСТІ ВАГОНА-ПЛАТФОРМИ, АДАПТОВАНОГО ДО ПЕРЕВЕЗЕНЬ НАЛИВНИХ ВАНТАЖІВ**

Одним з провідних векторів розвитку Національної транспортної стратегії України до 2030 року є розвиток рухомого складу. Перспективним напрямком в даному питанні є впровадження зйомних кузовів, які характеризуються мобільністю та можливістю перевезень майже всіма видами транспорту. При цьому є можливим здійснення перевезень не тільки насипних, навалювальних, тарно-штучних вантажів, а також і наливних, які складають значний сегмент вантажооберту багатьох європейських країн.

Разом з цим впровадження зйомних кузовів в експлуатацію вимагає додаткових вкладень. Тому є можливим створення таким модульних систем на базі існуючих конструкцій вагонів-платформ. Важливо сказати, що при створенні зйомних кузовів також є доцільним використання перспективних матеріалів, які мають полегшену масу при забезпеченні умов міцності.

У зв'язку з цим важливим є обґрунтування доцільності та проектування вагонів модульного типу на базі існуючих конструкцій. Це сприятиме підвищенню ефективності експлуатації залізничної галузі, утриманню її конкурентоспроможності, росту економічних показників країн тощо. Тому питання створення вагонів модульного типу на базі існуючих конструкцій є актуальним та перспективним.

З метою можливості використання несівної конструкції універсального вагона-платформи для перевезень наливних вантажів пропонується встановлення на нього модуля котла (рис. 1).

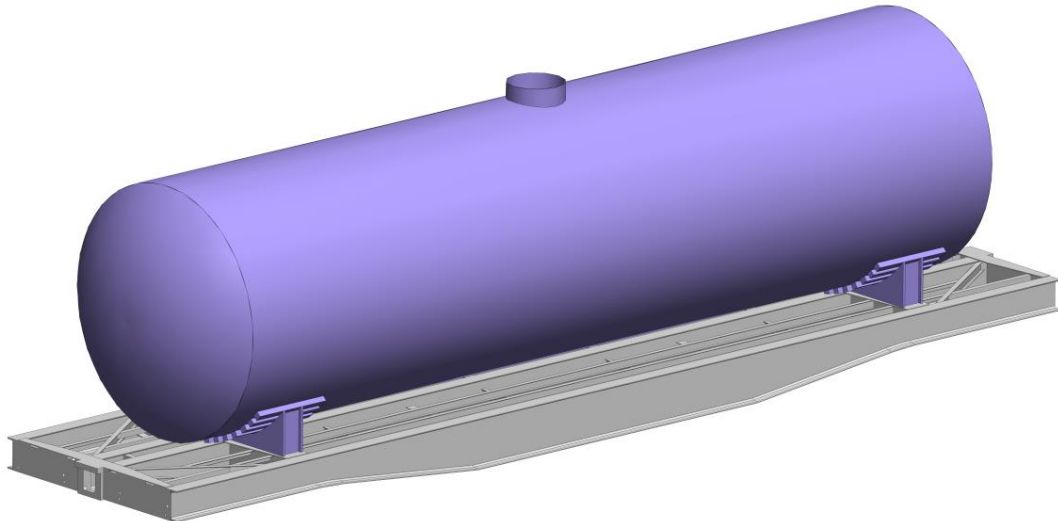


Рис. 1. Просторова модель вагона-платформи

Спирання котла на раму вагона-платформи здійснюється через дерев'яні бруски, встановлені на металевих опорах. Тобто використовується схема спирання, ідентична до тієї, що має місце в вагонах-цистернах. Для утримання котла є можливим використання стяжних хомутів або інших фіксуючих пристроїв. В якості матеріалу виготовлення котла пропонується використання композиту. Це дозволить зменшити загальну тару вагона у порівнянні з використанням металевої конструкції на 3,7%.

Дана реалізація є доцільною стосовно існуючого вагонного парку та може бути впроваджена під час модернізацій або ремонтів. Також запропоноване рішення можливо використовувати при проектуванні нових вагонів, що сприятиме створенню їх мультифункціональних конструкцій.

Для визначення навантаженості удосконаленої конструкції вагона-платформи проведено моделювання його динаміки при маневровому співударянні, як випадку найбільшої навантаженості конструкції у експлуатації. Дослідження проведені на прикладі вагона-платформи моделі 13-401 побудови Дніпродзержинського вагонобудівного заводу (м. Дніпродзержинськ, Україна). Враховано, що вагон-платформа має три ступені вільності: у повздовжній площині, зумовлену ударом в автозчеп та дві у вертикальній, обумовлені

наявністю ресорного підвішування (візки моделі 18-100). При цьому прийнято, що удар є абсолютно жорстким. В моделі враховано сили тертя, які виникають між п'ятниками рами та підп'ятниками візків. На даному етапі досліджень переміщення наливного вантажу у котлі не враховано.

Результати розрахунку показали, що прискорення, яке діє на несучу конструкцію вагона-платформи складає 0,38g, тобто знаходиться в межах допустимих. Отримана величина прискорення врахована при розрахунках на міцність несівної конструкції вагона-платформи.

Для визначення міцності несівної конструкції вагона-платформи проведено розрахунок за методом скінчених елементів, реалізований в програмі SolidWorks Simulation для випадку маневрового співударення. При створенні континуальної моделі використані просторові тетраедри, які мають по 4 точки Якобіана.

Результати проведених розрахунків встановили, що максимальні еквівалентні напруження виникають в зоні взаємодії хребтової балки рами зі шворневою та складають близько 340 МПа, максимальні переміщення дорівнюють 8,6 мм. Тобто отримані напруження не перевищують допустимих, які прийняті рівними межі плинності матеріалу конструкції та дорівнюють 345 МПа.

Також в рамках дослідження проведено модальний аналіз несівної конструкції вагона-платформи, тобто визначено власні частоти та форми її коливань. Результати розрахунків показали, що значення власних частот коливань знаходяться в межах допустимих, оскільки перша власна частота має значення більше 8 Гц.

Проведені дослідження сприятимуть підвищенню ефективності експлуатації залізничного транспорту та створенню напрацювань щодо проектування інноваційних конструкцій рухомого складу.

*e-mail: fomin1985@ukr.net*

УДК 624.132.6 : 621.879.48

**Мусийко В.Д., д.т.н., проф., Коваль А.Б., к.т.н., доц.**

**Корпач А.А., к.т.н., проф., Пацьора Д.І., магістр**

Національний транспортний університет, Україна

## **УДОСКОНАЛЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ РОТОРНИХ ТРАНШЕЙНИХ ЕКСКАВАТОРІВ ШЛЯХОМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДВОСТУПЕНЕВОГО РОЗВАНТАЖЕННЯ ЇХ БЕЗКІВШЕВИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ**

Збільшення продуктивності машин традиційної конструкції має обмеження, що накладаються рядом факторів. Найбільш перспективними, з нашого погляду, слід вважати машини з безківшевими робочими органами. Основною перевагою цих робочих органів (рис. 1) є підвищена, порівняно з ківшевими, продуктивність з винесення ґрунту із забою, що забезпечується транспортуванням ґрунту із забою безперервним потоком за рахунок його тертя по робочих поверхнях ротора без обмежень величини швидкості різання ґрунту.

Процес розробки ґрунту полягає в послідовному відділенні від масиву стружок ґрунту за допомогою ріжучих елементів при обертанні ротора зі швидкістю  $V_p$  та подачі його на забій зі швидкістю  $V_e$  (див. рис. 1). Відокремлений від масиву ґрунт під деяким напірним зусиллям стружки надходить у внутрішні кільцеві робочі порожнини ротора. Поступово накопичуючись там, ґрунт заклинюється і за рахунок сил тертя по поверхнях кільцевих порожнин виноситься із забою.

Попередні розрахунки та експериментальні дослідження підтверджують значущість сили напору потоку ґрунту що транспортується в роторі і є підставою для формулювання наукової гіпотези: розвантаження безківшевого ротора під час копання траншей можливе за рахунок раціонального використання сили напору потоку ґрунту, що транспортується в роторі. Для цього необхідно, щоб безківшевий роторний робочий орган траншейного екскаватора традиційної

конструкції додатково був оснащений розвантажувальним вузлом, встановленим у зоні дії максимальної сили напору потоку ґрунту, що транспортується ротором із забою.

Величина сили напору потоку ґрунту, що транспортується в кожній з двох внутрішніх кільцевих порожнин безківшевого ротора,  $F_n$  (рис. 2) обумовлена його конструктивними параметрами, швидкостями різання ґрунту, подачі робочого органу на забій, фізико-механічними характеристиками ґрунтів, що розробляються. Для визначення раціонального місця установки розвантажувального вузла виділимо в потоці, що транспортується, елементарну ділянку ґрунту  $ds$  (див. рис. 2). На ґрунт ділянки  $ds$  діє його сила тяжіння  $dG$ , відцентрова сила  $dP_u$ , сила бічного розпору ґрунту  $dP_o$ . Лінії дії сил бокового розпору ґрунту перпендикулярні вектору швидкості переміщення ділянки  $ds$ . Переміщення ґрунту елементарної ділянки розглядаємо в полярній системі координат із центром у центрі обертання ротора.

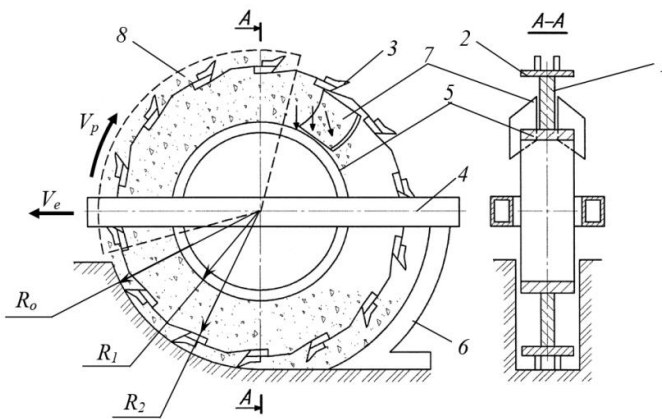


Рис. 1 – Роторний безківшевий робочий орган: 1 – центральний диск; 2 – траверса; 3 – ріжучий елемент; 4 – рама; 5 – обичайка; 6 – зачисний башмак; 7 – ґрунтознімач; 8 – кожух.

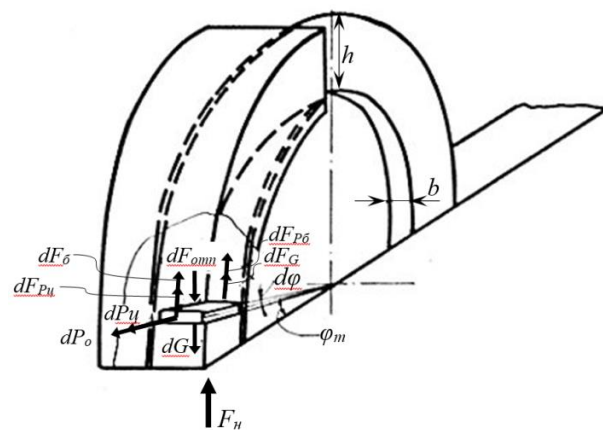


Рис. 2 - Розрахункова схема транспортування ґрунту у внутрішніх кільцевих порожнинах безківшевого ротора

Під дією сил  $dG$ ,  $dP_u$ ,  $dP_o$ , або їх складових, виникають відповідні цим силам складові сил тертя ґрунту. Визначивши величини вказаних вище сил та



відповідні їм сили тертя транспортованого ґрунту по робочих поверхнях безківшевого роторного робочого органа, отримано математичну модель визначення сили напору потоку ґрунту, що транспортується в роторі.

З використанням отриманої моделі визначено характер зміни сили напору потоку ґрунту у внутрішній кільцевій порожнині за зміни значення кутової координати  $\varphi_r$ .

Практична реалізація зазначених переваг безківшевих роторних робочих органів екскаваторів безперервної дії шляхом удосконалення конструкції ротора, вузла його розвантаження, визначення шляхів підвищення виносної здатності безківшевих роторів та раціональних режимів їх роботи дозволяє створити ефективну конструкцію робочого обладнання траншейних екскаваторів здатних вести розробку ґрунтів I-III категорій, в тому числі перезволожених глинистих, без обмежень швидкості різання ґрунту з можливістю реалізації достатньо великої потужності, що підводиться до робочого органа від силової установки машини.

Суть технічної пропозиції зі створення ефективної конструкції безківшевого роторного робочого органа з двоступеневим розвантаженням, розробленої з використанням приведених вище результатів досліджень, полягає в наступному. Робочий орган траншейного екскаватора, що включає встановлений на рамі ротор із закріпленими на його периферії траверсами з ріжучими елементами і установлений на кінці рами традиційний розвантажувальний вузол з бермоутворювачами, забезпечений додатковим розвантажувальним вузлом. Він розташований на передньому, по відношенню до основного розвантажувального вузла, кінці рами і виконаний з двох симетрично розташованих відносно подовжньої площини ротора лотків, кожний з яких складається з основи, передньої стінки та відвальної поверхні з ґрунтознімачами. При цьому, передні стінки лотків зв'язані між собою за допомогою перемички, рис. 3.

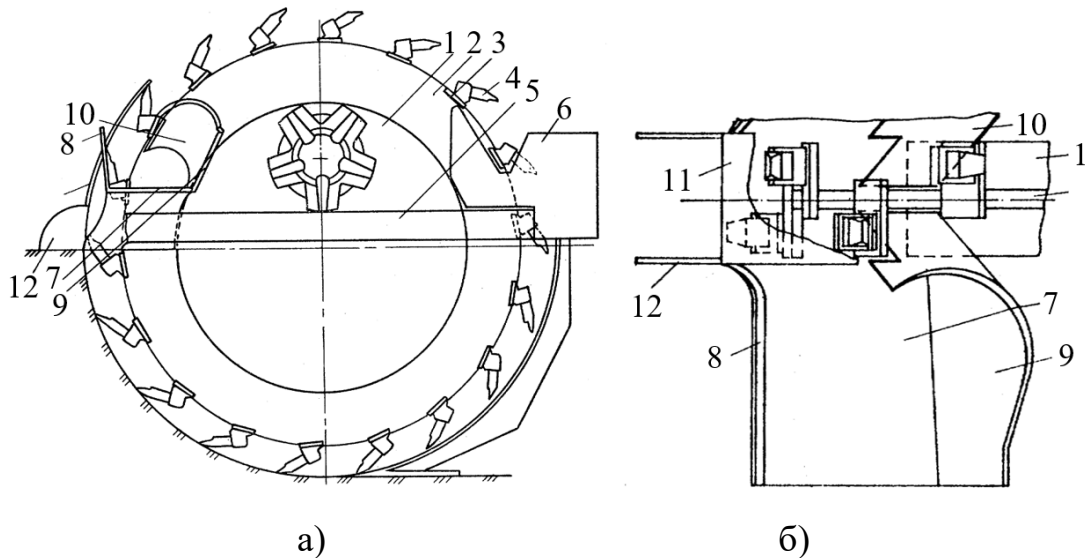


Рис. 3 – Робочий орган роторного екскаватора з двоступеневим розвантаженням: а) – вид з боку; б) – вид зверху; 1 – ротор; 2 – диск центральний; 3 – траверса; 4 – ґрунторозробний різець; 5 – рама; 6 – бермоутворювач; 7 – основа лотка; 8 – стінка передня лотка; 9 – стінка задня лотка; 10 – ґрунтознімач; 11 – перемичка передня; 12 – щитки захисні

Конструкція лоткового розвантажувального вузла є симетричною щодо центрального диска ротора. Обидві частини лоткового розвантажувального вузла мають в своєму складі відвальні поверхні, виконані у формі лемешів, що введені у внутрішні кільцеві порожнини ротора.

Процес розвантаження робочого органу здійснюється наступним чином. Ґрунт, що виноситься як внутрішніми, так і зовнішньою кільцевими порожнинами ротора, надходить в зону установки відвальних поверхонь додаткового розвантажувального вузла. Ґрунтознімачі виймають ґрунт з внутрішніх кільцевих порожнин, змінюють його траєкторію руху і направляють по кожному з двох лотків, утворених основою, передньою стінкою і відвальною поверхнею убік від траншеї.

За рахунок сили напору ґрунту, що піднімається в роторі, створюється підпір, достатній для забезпечення безперервного транспортування ґрунту по основі кожного лотка і відвальній поверхні до виходу з лотка і подальшого переміщення його у відвал. Передні стінки і захисні щитки виключають зсипання

ґрунту з лотків, попадання його під днище рами робочого органу і подальше заклинювання ґрунту під днищем рами.

Ґрунт, що виноситься в зовнішній кільцевій порожнині ротора, після проходження лоткового розвантажувального вузла під дією гравітаційних сил переміщується у внутрішні кільцеві порожнини ротора, вже очищені від ґрунту ґрунтознімачами і видаляється звідти бермоутворювачами, що знаходяться в задній частині ротора. Бермоутворювачі виходять за раму робочого органу на відстань 0,45-0,55 вильоту лоткового розвантажувального вузла в напрямку, перпендикулярному поздовжній вісі траншеї. Це забезпечує утворення берми заданих лінійних розмірів.

Таким чином, двоступеневе розвантаження безківшевих роторних робочих органів забезпечує ефективну очистку від розробленого ґрунту як зовнішньої так і внутрішніх кільцевих порожнин ротора, практично виключає повторний перенос розробленого ґрунту знову в траншею.

Отримані закономірності зміни сил тертя, що сприяють транспортуванню ґрунту в робочих порожнинах ротора поза зоною забою, дозволили визначити, що максимальне значення кутової координати установки ґрунтознімача у внутрішній кільцевій порожнині ротора повинно знаходитись межах  $\varphi_r = 30...40^\circ$ .

Розроблена технічна пропозиція із забезпечення двоступеневого розвантаження безківшевих роторних робочих органів, шляхом їх оснащення додатковим розвантажувальним вузлом лоткового типу забезпечує повну очистку ротора від транспортованого із забою ґрунту.

*e-mail: akorpach@ukr.net*

**Секція 3**

**ТРАНСПОРТНА ІНФРАСТРУКТУРА**

УДК 656.022.8

**Пасічник А. М., д.ф.-м.н., проф.**

Аналітично-науковий центр Придніпровське відділення МАКНС, Україна

**ПРОБЛЕМИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ТА ВІДНОВЛЕННЯ  
ІНФРАСТРУКТУРИ ТРАНСПОРТНИХ МАГІСТРАЛЕЙ В УКРАЇНІ**

Одним із визначальних факторів ефективності функціонування логістичної транспортної інфраструктури є наявність сучасної мережі транспортних магістралей, які забезпечують необхідні умови раціональної взаємодії різних видів транспорту з організації переробки та перевезення вантажів. В таких логістичних системах управління роботою різних видів транспорту реалізується з одного центру управління із застосуванням оптимальних графіків взаємодії. Тому визначення напрямків та заходів з модернізації і відновлення інфраструктури транспортних магістралей має надзвичайно актуальне значення для стабілізації і сталого розвитку української економіки.

Однією із основних складових дорожньо-транспортного комплексу країни є залізничний транспорт, який забезпечує майже 80% вантажних і 35% пасажирських від загальних обсягів перевезень. Залізничний транспорт України має важливе значення в системі реалізації основних транс'європейських транспортних коридорів: Схід – Захід, Балтика – Чорне море. Експлуатаційна мережа залізниць України складає 21,6 тис. км, з яких 10,1 тис. км (46,8%) – електрифіковано, 8,5 тис. км (39,4%) є дво- і багатоколійними. Вантажонапруженість українських залізниць (річний обсяг перевезень на 1 км) значно перевищує відповідний показник розвинених європейських країн. Разом з тим, гранична зношеність та невідповідність залізничних магістралей сучасним вимогам є стримуючим фактором впровадження швидкісних режимів перевезень, а відповідно, пропускна спроможність цілого ряду дільниць та

напрямоків знаходиться на критичній межі. Необхідно також враховувати потреби відновлення біля 20% залізничної інфраструктури пошкодженої в результаті російської агресії проти України за експертними оцінками близько \$75 млрд. Тому для покращення техніко-експлуатаційних можливостей інфраструктури мережі залізниць України необхідно провести їх модернізацію, відновлення та технічне переоснащення з урахуванням таких завдань:

- підвищення пропускної спроможності мережі залізниць України;
- впровадження для високошвидкісних перевезень безшумних і ефективних залізничних колій за технологією “Оksamитовий шлях” [1];
- оновлення та модернізація основних фондів;
- забезпечення інноваційного розвитку і технічне та технологічне переоснащення українських залізниць за європейськими стандартами;
- розробити проект перебудови колій українських залізниць на стандартну ширину 1435 мм.

У зв'язку з незадовільним забезпеченням транспортно-експлуатаційного стану на даний час існуючі мережі українських автомобільних і залізничних магістралей характеризуються великим ступенем фізичного та морального зношення. Відповідно до інформації Міністерства інфраструктури України термінового ремонту потребують близько 90% мережі автошляхів, капітального ремонту та оновлення – понад 65% автодорожніх мостів, рівень зношеності дорожніх споруд складає біля 45%. При цьому із 169,6 тис. км автомобільних доріг більше 50% не відповідають сучасним вимогам як за міцністю так і за рівністю. Особливої уваги потребують штучні споруди та мостові переходи. За експертними оцінками із 16191 мосту тільки 7471 відповідають діючим нормам та стандартам, термінового ж ремонту потребують 1865 мостових переходів [2]. Для покращення транспортно-експлуатаційного стану автомобільних доріг щорічно необхідно здійснювати ремонт близько 40 тис. км.

Відповідно з оцінкою Індексу конкурентоспроможності 2017-2018 Україна за рівнем розвитку транспортної інфраструктури займає 90 позицію зі 137 країн,

а за якістю займає 130 позицію. Саме автомобільні дороги знаходяться в найгіршому стані серед інших видів транспортної інфраструктури в Україні. Так протягом 2014–2018 рр. індекс якості автомобільних доріг коливався від 2,2 до 2,4, у той час як індекс портової інфраструктури знаходився у межах 3,2 – 3,5, інфраструктури авіаційного транспорту – 3,7 – 4,0, залізничного транспорту – 3,9 – 4,3. Загалом, недосконалість інфраструктури, у т. ч. транспортної, незмінно вважається експертами одним із основних факторів, що заважають веденню бізнесу в Україні. Зазначимо, що в цілому середній показник категорійності всієї мережі автомобільних доріг нижче III категорії, а дороги міжнародного значення знаходяться на рівні II категорії. Внаслідок цього середня швидкість руху автодорогами України у 2–3 рази менша, ніж у європейських країнах, а відповідно приведені витрати на транспортування вантажу у вітчизняних компаній значно вищі. Так, наприклад, частка витрат на перевезення пшениці до порту відправлення в Україні складає 18 % у загальних логістичних витратах, тоді як в ЄС – 8 %, в США – 6 %.

Також суттєві пошкодження експлуатаційного стану автомобільних доріг сталися в результаті російської агресії проти України. Так як проведення бойових дій завжди потребує логістичної підтримки, а саме: доставки боєприпасів, продовольства, військової техніки, медикаментів, перевезення поранених та інше, то виникає гостра потреба в транспортно-логістичному забезпеченні, особливо гостро це стосується автомобільних доріг, якими транспортуються та переміщуються військова техніка та особовий склад. Всього загальна протяжність автомобільних доріг областей в яких проходили бойові дії складає 67582 км (Дніпропетровська – 9148 км, Донецька – 8086 км, Житомирська - 8524 км, Запорізька - 6980 км, Київська - 8555 км, Луганська - 5874 км, Сумська - 7209 км, Харківська - 9614 км, Херсонська - 5023 км, Чернігівська - 7717 км).

Зазначимо, що рух сучасних транспортних засобів автомобільними дорогами розрахованими на навантаження максимум до 40 тон призводить до втрати їх фізичної стійкості і руйнування. Тому в якості ефективного варіанту будівництва доріг в Україні пропонується використовувати цементобетонні

автомагістралі які становлять 60% всіх автодоріг в США, в Європі – близько 40%. На відміну від асфальтованих доріг, бетонні здатні витримувати навантаження понад 60 тон без втрати фізичних властивостей, що робить їх більш надійними в умовах сучасних навантажень при перевезенні вантажів. Терміни експлуатації таких доріг в США майже 100 років, рік будівництва перших бетонних доріг 1930-й. Залежно від якості бетону і схем вкладання мінімальний термін експлуатації таких доріг без капітального ремонту становить 40 років. При цьому є траси у двох містах США (Х'юстон, Даллас) побудовані ще в 60-ті роки минулого століття, які успішно справляються із сучасними навантаженнями і знаходяться в доброму стані без жодного ремонту. Ще однією з важливих переваг бетонних доріг є той факт, що їх можна використовувати в якості злітно-посадкових смуг. Також необхідно передбачити прокладання спеціально підготовлених доріг для переміщення важкої військової техніки паралельно основним магістралям. Таким чином, будівництво і експлуатація нової мережі автомобільних доріг дасть ряд переваг порівняно з існуючими дорогами, дозволить підвищити якість транспортного сполучення а також покращити військову логістику.

Ще однією з переваг також є використання вітчизняних складових. Асфальтові дороги – це мінімум 70% імпортованих комплектуючих, а при будівництві бетонних доріг практично 100% використовуються матеріали українських виробників. До переваг бетонних доріг також відноситься значно більший термін експлуатації між поточними ремонтами. Так, якщо асфальтові дороги потребують поточного ремонту раз на 3-5 років, то «бетонка» вимагає невеликих ремонтів тільки на 12-му році використання. Як наслідок, знижуються експлуатаційні витрати. Бетон набагато більш сприйнятливий до перепадів температури і екстремальних погодних умов. Покриття з цього матеріалу довгий час залишається рівним, не з'являється характерна для асфальтобетонних магістралей колійність, яка є серйозною проблемою українських доріг. Крім того, бетон відображає на 30-50% більше світла, ніж асфальт, а це означає, що бетонну дорогу краще видно водієві. Це підвищує безпеку руху і дозволяє

економити на освітленні. Завдяки можливості нанесення різної текстури на поверхню, бетонні дороги можуть забезпечувати вищий коефіцієнт тертя і краще зчеплення коліс автомобілів з дорожнім покриттям. Відзначимо, що у складі асфальту є нафтопродукти, які постійно дорожчають, та й створюють негативний вплив на екологію. З цієї точки зору бетон матеріал менш шкідливий для навколишнього середовища.

За результатами проведеного аналізу у найближчі роки необхідно модернізувати інфраструктуру та відновити біля 20–23 тис. км автомобільних доріг та близько 35 км мостових переходів (7,5 тис. мостів). За експертними оцінками вартість будівництва 1 км стандартної 11-метрової двосмугової асфальтованої дороги становить близько \$2 млн включаючи звичайний дренаж. Вартість будівництва мостів буде коштувати приблизно \$20 млн доларів за км за стандартний бетонний міст шириною 11 метрів, якщо довжина мостів становить від 10 до 50 метрів. Тоді орієнтовна вартість вказаних робіт буде становити \$70 млрд. Основна частина таких обсягів фінансування може бути забезпечена за рахунок акцизного збору з поставок та продажів палива, а також за рахунок залучення донорських та інвестиційних коштів на відновлення інфраструктури. Також вартість вказаних обсягів будівельних робіт може бути зменшена за рахунок застосування вітчизняних технологій будівництва бетонних доріг за прикладом дороги Решетилівка Кобеляки.

Реалізація запропонованих заходів дасть змогу модернізувати транспортну систему та підвищити ефективність її функціонування, збільшити пропускну спроможність транспортної мережі, підвищити рівень безпеки на транспорті, прискорити темпи інтеграції вітчизняної транспортної системи до європейської та світової транспортних систем, максимально використати транзитний потенціал держави. Також підвищення якості транспортних магістралей дозволить впровадити швидкісні режими руху транспортних засобів та отримати близько 5 % підвищення ВВП щорічно.



Література

1. Технологія “Оксамитовий шлях” [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.uitei.kiev.ua/transfer/offer.php?slang=ua&offid=3943>.
2. Верхоглядова Н. І. Стратегічні аспекти будівництва автомобільних доріг України //Вісник ХНАУ ім. В. В. Докучаєва. Серія „Економічні науки”, 2018. № 2. С.191-200. DOI: 10.31359/2312-3427-2018-2-191.

*e-mail: panukr977@gmail.com*

УДК 658.5

**Полупан Є.В., к.т.н., Шевченко С.І., к.т.н.**

**Сергієнко В.О., студент**

Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, Україна

## **ІННОВАЦІЇ В ОРГАНІЗАЦІЇ ТА УПРАВЛІННІ ВИРОБНИЦТВОМ ТО ТА РЕМОНТУ АТЗ В АТП**

В умовах конкуренції на ринку транспортних послуг, що постійно зростає, перед підприємствами стоїть питання про зниження ціни послуг і можливість зниження їх собівартості. Одним із шляхів зниження собівартості може бути вдосконалення організації та обліку робочого часу.

Time Tracker – система обліку робочого часу механіків. Time Tracker дозволяє сервісному центру в режимі реального часу контролювати хід виконання робіт з відкритих замовлень. Система обліку робочого часу "Time Tracker" сама по собі грошей не приносить. Вона лише дає об'єктивну інформацію, якої часто не вистачає керівництву для прийняття оперативних і тактичних рішень.

Основні функції Time Tracker

- Контроль за виконанням робіт;
- Надання даних про реальний час виконання робіт;
- Надання даних про величину та причини простоїв;
- Надання даних про показники роботи механіка/бригади/цеху/сервісного центру;

- Надання аналітичної інформації для прийняття управлінських рішень

Врахування робочого часу кожного слюсаря, зіставлення результатів праці.

За результатами впровадження було отримано скорочення штату, збільшення виробітку.

Механіки та майстри отримують можливість контролю робіт слюсарів та планування роботи з урахуванням організаційних питань. Ремонтні робітники

можуть показати результати власної праці та користуватися необхідними довідниками, а також переглянути порядок виконання роботи із зазначенням нормативного часу.

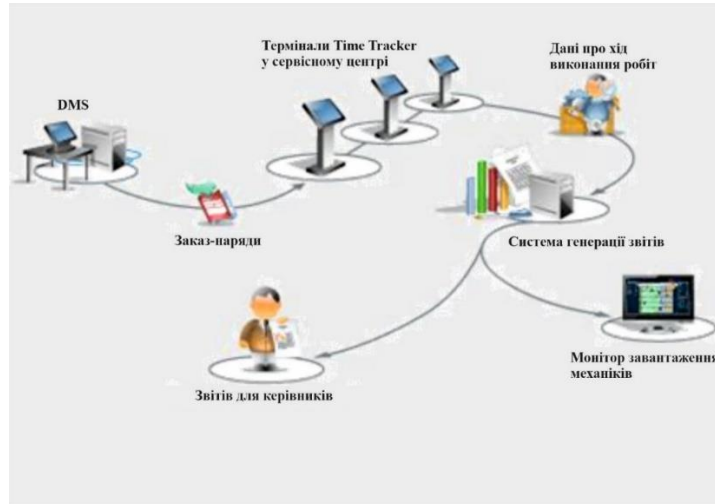


Рис. 1. Загальна схема роботи системи Time Tracker

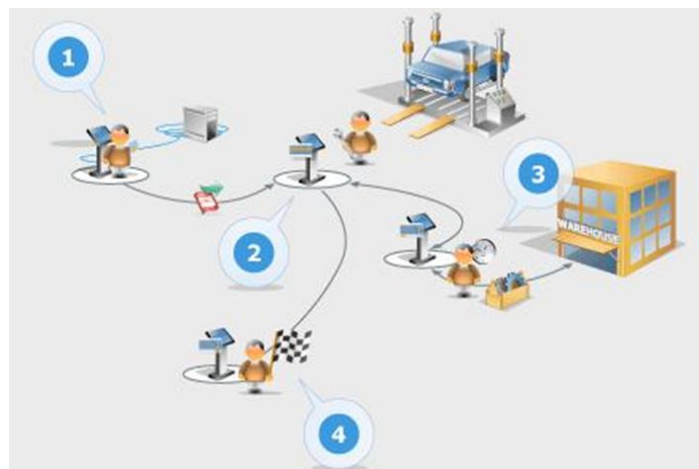


Рис. 2. Схема взаємодії слюсаря із системою

Порядок роботи з системою.

1. Слюсар реєструється на терміналі за допомогою введення табельного номера і сканує штрих-код на замовлення-наряді за допомогою вбудованого в термінал зчитувача штрих-кодів.

2. Замовлення-наряд моментально з'являється на моніторі терміналу, та слюсар вибирає першу роботу, яку він виконуватиме.

3. Якщо слюсарю необхідно перервати роботу, наприклад, отримати запчастини зі складу, він повинен доторкнутися до екрану монітора, щоб зупинити роботу, що виконується, і відзначити, що він в даний момент отримує запчастини зі складу.

4. Коли розпочата робота зі списку робіт замовлення-наряду закінчена, слюсар торкається монітора та інформує систему про закінчення цієї роботи, щоб вибрати наступну, або закінчити виконання замовлення-наряду.

Для слюсарів такі плюси: більша частина заробітної плати залежить від кількості та якості виконаних робіт, підприємство дає можливість за результатами праці та іспиту підвищити розряд.

На підприємстві керівник може «побачити», як працює кожен робітник.

Мотивацію до праці можна розглядати і за ефективністю. Найефективніший метод, який впроваджують сьогодні компанії, це управління за цілями

Бізнес багато в чому схожий на війну, і давати оцінку діяльності будь-якого директора слід за тими самими двома критеріями – ефективності та економічності. На них і має ґрунтуватися система мотивації, орієнтована на результат. Такий підхід передбачає, що виділяється комплекс показників, об'єднаних причинно-наслідковими зв'язками (дія – підсумок). Адже саме дії ведуть до фінансового результату, і не навпаки.

Графічно систему цих показників можна подати у вигляді воронки (тому такий метод називається методом цільової воронки). У нижній, вузькій її частині записується мета, заради якої ведеться вся робота; вище, один над іншим – проміжні результати, що сприяють досягненню цієї мети (рис. 3).

Всі показники групуються відповідно причинно-слідчих зв'язків між ними: впливовий параметр розташовується безпосередньо над залежним (результуючим). Наскільки докладною має бути схема, визначає Ви (самостійно або разом із фінансовим директором). Рекомендується деталізувати її до рівня елементарних дій – тобто таких, які конкретний виконавець може оцінити і за результати яких може особисто нести відповідальність.



Рис. 3 Цільова вирва

Ще один нюанс: загальна мета вказується в грошах, тоді як результати, що впливають на її досягнення (норми витрати матеріалу, продуктивність) – у значеннях натуральних. Це важливо, оскільки в більшості випадків (скажімо, якщо йдеться про витратні підрозділи) неможливо точно визначити, який прибуток забезпечив співробітник компанії. Якщо правильно скласти схему, врахувавши при цьому всі суттєві показники, то у верхній її рядок потраплять прості дії, які щодня виконуються працівниками. Таким чином, Ви отримаєте модель, яка пов'язує звичайні дії кожного співробітника з фінансовим результатом бізнесу.

Коли розроблено систему показників, скласти положення про матеріальне стимулювання співробітників просто. Для кожної посади потрібно встановити цільовий рівень доходу – сумарну зарплату (оклад плюс премія) відповідно до кваліфікації та трудовитрат. Усі фактори, що визначають розмір змінної частини, визначено – залишилося лише взяти їх до уваги, складаючи алгоритм розрахунку премій. Доручіть цю роботу фінансовому директору або директору з персоналу.

Повертаючись до прикладу, що розбирається. З першого разу встановити оптимальні значення всіх нормативів не вдалося (і це природно). Але завдяки грамотному управлінню компанія через кілька місяців зуміла так скоригувати ці значення, щоб забезпечити напружений графік роботи, і досягла хороших виробничих показників. Крім того, кожен начальник отримав до рук дієві важелі управління. Щодня керівникам фірми надходила інформація, скільки рейсо-днів

продано, яка вартість одного рейсо-дня і чи багато техніки простоює. А Генеральний Директор та фінансовий директор усвідомили зв'язок між роботою та маржею, і їм стало зрозуміло, на які аспекти звертати увагу та що конкретно контролювати.

### Література

1. Ліцензування та сертифікація на автомобільному транспорті: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за спеціальністю "Автомобілі та автомобільне господарство" напрями підготовки дипломованих фахівців "Експлуатація наземного транспорту" / В.А. Бондаренко, Н. Н. Якунін, Н. В. Ігнатова, В.Я. Клімонтів. - 2-ге вид., Випр. та дод. – К.: Машинобудування, 2004. – 496 с.
2. Логістика. Транспорт та склад у ланцюзі поставок товарів: навчально-практичний посібник: навчальний посібник для студентів ВНЗ/В.М. Курганів. - М.: Книжковий світ, 2005. - 432 с.
3. Управління виробничо-економічними системами: навчальний посібник для студентів вузів, які навчаються за спеціальністю "Сервіс транспортних та технологічних машин та обладнання (нафтовидобування)" напрями підготовки "Експлуатація наземного транспорту та транспортного обладнання" / О. І. Яговкін; ТюмДНГУ. - 2-ге вид., перероб. та дод. - Тюмень: ТюмДНГУ, 2010. - 272 с.
4. Сервіс транспортних, технологічних машин та обладнання у нафтогазовидобутку: навчальний посібник для студентів вузів, які навчаються за напрямом підготовки бакалаврів 151000 "Нафтогазова справа" / Н.С. Захаров [та ін.]; ред. Н. С. Захаров; ТюмДНГУ. - Тюмень: ТюмДНГУ, 2011. - 508 с.
5. Склад. Логістика, управління, аналіз/В. В. Волгін. - 10-те вид., перероб. та дод. - Москва: Дашков і К, 2009. - 736 с. 2012.

УДК 656.615 : 519.874

Шпак Н.Г., к.е.н., доц.

Одеський національний морський університет, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ ПОРТУ ТА ВАНТАЖОВЛАСНИКА З УРАХУВАННЯМ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕРЕВАНТАЖУВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ

Оптимальний вибір характеристик портового перевантажувального обладнання в системі взаємодії морського порту з вантажо-і судновласниками є важливою науковою та практичною проблемою. Зазначеній проблемі, зокрема, порівнянню характеристик альтернативних моделей портальних та мобільних кранів присвячено цілу низку публікацій останнього часу.

Існують дві принципові характеристики портового перевантажувального обладнання - це фінансова (вартість як самого обладнання, так і виконуваних ним робіт) та часова (продуктивність обладнання, що визначає тривалість виконання ним перевантажувальних робіт).

Їх спільний облік можливий у межах показника інтенсивності прибутку – величини надходження прибутку на одиницю часу – який виступає критеріальним як для порту, так і для вантажовласника.

Позначимо  $p$  – тариф морського порту за навантаження партії вантажу (сума, яку морському порту виплачує вантажовласник),  $t$  – тривалість перевантаження вантажу на морському порту,  $r(t)$  – витрати морського порту за час перевантаження  $t$ , які залежить від параметрів перевантажувального обладнання порту.

Порт максимізує інтенсивність отримання свого прибутку як різницю між доходом (тарифом) та витратами, віднесена до тривалості перевантаження:

$$i = \frac{p - r(t)}{t} \rightarrow \max_t \quad (1)$$

Очевидно, що витрати порту  $r(t)$  виступають спадною функцією тривалості перевантаження (чим перевантажувальне обладнання продуктивніше, тим воно дорожче; зі збільшенням тривалості перевантаження можна використовувати менш продуктивне і менш дороге обладнання), при цьому опуклою вгору функцією, оскільки подальше зниження вимог до тривалості перевантаження з дедалі меншою економією витрат за неї (рис.1).

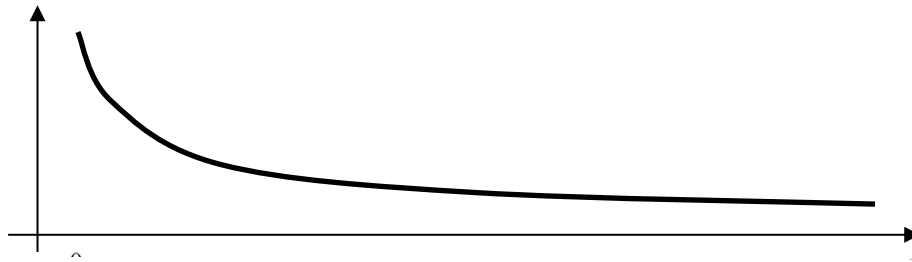


Рис.1. Залежність витрат на перевантаження  $r$  від його тривалості  $t$

Такому виду залежності витрат за перевантаження  $r$  від його тривалості  $t$  відповідає найпростіша функція  $r(t) = a_0 - a_1\sqrt{t}$ . При її підстановці в (1) отримуємо:

$$i = \frac{p - (a_0 - a_1\sqrt{t})}{t} = \frac{p - a_0 + a_1\sqrt{t}}{t} \rightarrow \max_t \quad (2)$$

Для аналітичного знаходження максимуму прирівнюємо до нуля першу похідну та отримаємо залежність оптимальної тривалості портового навантаження від отримуваного портом доходу  $p$

$$t^* = \frac{4(a_0 - p)^2}{a_1^2} \quad (3)$$

Розглянемо тепер взаємодію порту та вантажовласника з позицій останнього. Позначимо  $D$  – дохід вантажовласника (з відрахуванням витрат за виробництво і доставку продукції, крім перевантаження у порту), очікуваний від



реалізації партії вантажу;  $t_0$  – тривалість транспортування вантажу до порту та з порту. За цих умов вантажовласник максимізує свою інтенсивність прибутку:

$$I = \frac{D - p}{t_0 + t(p)} \rightarrow \max_p \quad (4)$$

Підставляючи в (4) отриману в (3) оптимальну реакцію порту на тариф  $p$ , отримуємо:

$$I = \frac{D - p}{t_0 + \frac{4(a_0 - p)^2}{a_1^2}} \rightarrow \max_p \quad (5)$$

Для максимізації цієї функції (5) прирівнюємо до нуля її першу похідну і остаточно оптимальний портовий тариф складатиме:

$$p^* = D - \sqrt{(a_0 - D)^2 + \frac{t_0 a_1^2}{4}} \quad (6)$$

Можна побачити, що умовою розв'язання задачі вантажовласника (5) є

$$2D > a_0 > D \quad (7)$$

Підставляючи тепер (6) в (3), отримуємо оптимальну тривалість перевантаження:

$$t^* = \frac{4 \left( a_0 - D + \sqrt{(a_0 - D)^2 + \frac{t_0 a_1^2}{4}} \right)^2}{a_1^2} \quad (8)$$

Таким чином, встановлені оптимальні (за критерієм інтенсивності прибутку) параметри взаємодії вантажовласника з морським портом і судновласником, виходячи з яких морському порту слід вибирати характеристики перевантажувального обладнання, що використовується.

*e-mail: umitan2302@gmail.com*

**Секція 4**

**ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЛОГІСТИЧНИХ І ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМАХ**

УДК 658

**<sup>1</sup>Кічкіна О.І. к.т.н., доц., <sup>2</sup>Кікін О.В., старший викладач**

<sup>1</sup>Одеський національний морський університет, Україна

<sup>2</sup>Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, Україна

**РІШЕННЯ ЗАДАЧІ АВТОМАТИЗОВАНОГО ФОРМУВАННЯ  
ТЕХНОЛОГІЧНИХ КАРТ ПРИ ВЗАЄМОДІЇ ВИДІВ ТРАНСПОРТУ В  
ПОРТУ**

Основні технологічні процеси при взаємодії видів транспорту пов'язані з передачею вантажів з одного виду транспорту на інший. При цьому важливим є дотримання всіх норм та узгоджень єдиного технологічного процесу, що розробляється. Єдиний технологічний процес (ЄТП) являє собою раціональну систему організації роботи взаємодіючих видів транспорту, погоджує між собою технологію обробки транспортних одиниць і обслуговування вантажів в пунктах взаємодії. Однією з основних задач організації роботи за єдиним технологічним процесом є задача забезпечення ритмічності вантаження-вивантаження вантажів в часі і просторі.

Порт є складна транспортна система, в якій координація дії всіх суб'єктів залежить не тільки від фахового управління та організації технологічних процесів, а також, насамперед, від інформаційного супроводження цих процесів.

Створення і використання інформаційних систем в різних портах відбувається різними шляхами, розробляються власноруч ІТ-фахівцями ІОЦ порту, використовуються існуючі інформаційні системи з адаптацією до умов порту і інше. Однак відокремлена автоматизація має ряд недоліків, властивих «клаптикової» автоматизації, в тому числі – дублювання і неузгодженість даних

автономних інформаційних баз. До початку широкомасштабного вторгнення агресора в країну міністерство інфраструктури рекомендувало задіяти по всій морській галузі успішний досвід стивідорної компанії «Ольвія» із запровадження системи електронного управління портом «e-Port», побудоване на базі ERP-системи IT-Enterprise. Інформаційна система складається з декілька функціональних блоків: портова логістика., «єдине вікно», електронний документообіг, інтеграція з Укрзалізницею, електронні закупівлі, бухгалтерський та фінансовий облік. Однією з задач, яка потребує вирішення на думку самих розробників є автоматизація розробки технологічних карт, не тільки обробки транспортних засобів по прибуттю та відправленню, але й, у тому числі, технологічних карт перевантажувальних процесів. Система відкрита, і самі користувачі при необхідності можуть розвивати її, додаючи нові модулі.

Метою дослідження є рішення задачі автоматизованого формування технологічних карт перевантажувальних робіт в порту.

Для створення технологічної карти використовується програма Microsoft Office Access. Використовуючи інформацію про характеристику вантажу, причалів, напіввагонів, складів та підйомно-транспортних машини (ПТМ), були створені таблиці даних: «вантаж», «залізничний транспорт», «причал», «склад», «технологічна карта».

Кожна з цих наведених таблиць має зв'язки, що дають підставу для створення схеми даних, що наведена на рис. 1.

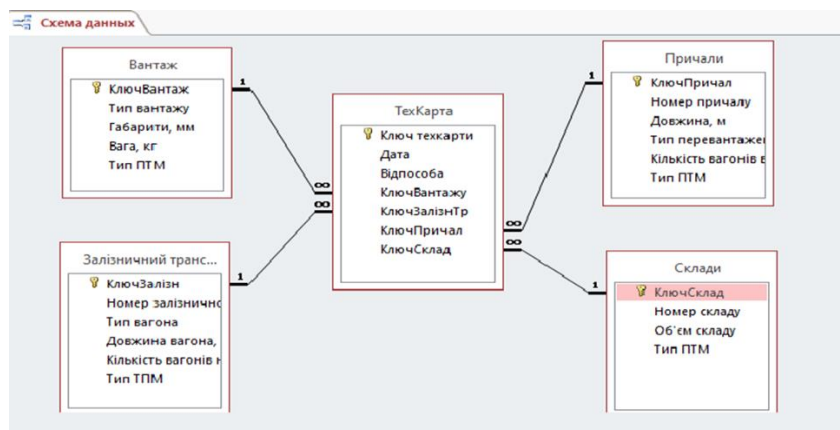


Рисунок 1 – Схема бази даних.

Для керування базою даних інформаційної моделі були створенні форми для заповнення таблиць бази даних, запити за допомогою яких здійснюється швидкий пошук даних за допомогою фільтрації за певними критеріями (умовами); обчислення або підсумовування даних; автоматизація завдань керування даними, таких як періодичний перегляд набору даних. На підставі запиту автоматично створюється електронна технологічна карта.

Система формування технологічних карт була випробувана для вантажного фронту з перевантаження сталюого листа в пачках. Вид отриманої технологічної карти представлено на рисунку 2.

ТехКарта										
Ключі картки										
Дата в'їзду/виїзду	Габарити, мм	Тип вантажу	в, кг	Вантаж.Тип ПТМ	номер залізничної	Тип вагона	на, м	лину фронту	Тип ПТМ	
####	ст. Індекс Перевоз 1500x1200x400	Сталюгий лист в па	####	Кран	з'єднанні	Забійнична колія 1	Найдовший В-оси	12,3	17	Мобільний кран
Ключі картки										
Дата в'їзду/виїзду	Габарити, мм	Тип вантажу	в, кг	Вантаж.Тип ПТМ	номер залізничної	Тип вагона	на, м	лину фронту	Тип ПТМ	
####	ст. Індекс Перевоз 1500x1200x400	Сталюгий лист в па	####	Кран	з'єднанні	Забійнична колія 1	Найдовший В-оси	12,3	17	Мобільний кран
Ключі картки										
Дата в'їзду/виїзду	Габарити, мм	Тип вантажу	в, кг	Вантаж.Тип ПТМ	номер залізничної	Тип вагона	на, м	лину фронту	Тип ПТМ	
####	ст. Індекс Перевоз 1500x1200x400	Сталюгий лист в па	####	Кран	з'єднанні	Забійнична колія 1	Найдовший В-оси	12,3	17	Мобільний кран
Ключі картки										
Дата в'їзду/виїзду	Габарити, мм	Тип вантажу	в, кг	Вантаж.Тип ПТМ	номер залізничної	Тип вагона	на, м	лину фронту	Тип ПТМ	
####	ст. Індекс Перевоз	немає	0	немає	0	0				

ТехКарта						
Номер причалу	в, м	Тип перевантажен	подвій	Причаль.Тип ПТМ	Номер складу	кладу
К. Причаль №38	170	По прямому вара	1	Сдин фран "Собі", Склад 1	120	Три автономні вантажу
Номер причалу	в, м	Тип перевантажен	подвій	Причаль.Тип ПТМ	Номер складу	кладу
К. Причаль №38	170	По прямому вара	1	Сдин фран "Собі", Склад 1	120	Три автономні вантажу
Номер причалу	в, м	Тип перевантажен	подвій	Причаль.Тип ПТМ	Номер складу	кладу
К. Причаль №38	170	По прямому вара	1	Сдин фран "Собі", Склад 1	120	Три автономні вантажу
Номер причалу	в, м	Тип перевантажен	подвій	Причаль.Тип ПТМ	Номер складу	кладу
немає	0	0	немає	0	0	2

Рисунок 2. - Технологічна карта перевантаження сталюого листа в пачках

При розробці технологічних карт враховується на які колії подаються групи вагонів для розвантаження, які вантажно-розвантажувальні пристрої обслуговують вантажний фронт, схему перевантаження (прямий спосіб, або через склад), кількість вантажу, місце перевантаження, виконавці перевантаження та інше.

Створена база склала основу інформаційної системи формування технологічних карт перевантажувальних робіт в порту та відповідного переліку допоміжних форм та запитів, необхідних для реалізації вантажно-розвантажувальних робіт.

*e-mail: ki4kinaoi@ukr.net*

*e-mail: kichkin@ukr.net*

УДК 004.93

**Рамазанов С.К., д.т.н., д.е.н., проф.,**  
**Макаренко М.Б., к.п.н., доц., Очеретяний А.Д., магістр**  
Київський національний економічний  
університет імені Вадима Гетьмана, Україна

## **ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В УПРАВЛІННІ ЛОГІСТИЧНИХ СИСТЕМ**

Актуальність удосконалення процесу управління логістичними системами особливо гостро відчувається у сучасному інформаційному часі задля зменшення витрат та набуття конкурентної переваги на ринку. Мета та принципи логістичних систем реалізуються завдяки використанню науково-теоретичних і практичних розробок, вивчення зарубіжного досвіду щодо організації і проектування логістичних систем. Особливо актуальним у сфері логістики є розвиток використання інформаційних технологій з метою урахування різноманітності та специфічності масштабів логістичних операцій та конкурентоспроможність у різних національних системах організації та управління логістичними системами.

У логістичних системах різних типів все частіше використовуються методи машинного навчання (далі - МН). Стає важливим зрозуміти, на якому рівні перебувають дослідження щодо МН в цій галузі. Завдання цієї роботи це провести аналіз використання новітніх технологій з використанням МН в сфері логістики, щоб сконцентрувати досвід закордонних дослідників для подальшого використання його в Україні.

Тенденції глобалізації значно впливають на сучасну промисловість та зростання динаміки життєвого циклу продукції. Для вхідної логістики на лінію збірки необхідно доставляти значні об'єми деталей від різних постачальників і місцезнаходжень. Планування цих вхідних логістичних процесів залежить від часто змінюваної інформації щодо розробки продукту, планування конвеєрної

лінії та закупівель. В даний час багато часу витрачається на збір інформації під час планування, а наявні знання з попередніх процесів планування майже не використовуються для майбутнього планування. У статті Діно Кнола [4] представлено підхід до прогнозного планування вхідної логістики. Використовуючи машинне навчання, дослідники вважають, що можна отримати загальні знання про логістичні процеси та використати їх для прогнозування майбутніх сценаріїв вхідної логістики. У роботі представлено підхід до прогнозування майбутніх процесів вхідної логістики. Основною метою є підтримка планування вхідної логістики за допомогою МН. Ідея МН полягає в тому, щоб отримати знання під час навчання, які можна трансформувати в майбутні завдання планування вхідної логістики. Підхід поділяється на наступні етапи: початкове налаштування логістичної онтології та моделі системи та планування й прогнозування майбутніх логістичних процесів. Цей підхід інтегрує обидві концепції вищезгаданих етапів та представляє структуру, яка спрямована на досягнення заявлених цілей. Впровадження цього підходу передбачає кілька кроків:

- створення онтології логістики шляхом визначення відповідної інформації та взаємозв'язків,
- моделювання системи шляхом аналізу завдань,
- оцінка та класифікація можливостей впровадження моделей машинного навчання для визначених завдань планування,
- визначення алгоритмів для моделей МН,
- проведення оцінки моделі системи з даними.

У статті Мохамеда Альнахала [5] досліджується проблема прогнозування ланцюга поставок на замовлення на основі реальних даних, мета якого полягає в тому, щоб передбачити, чи буде певне замовлення доставлено до центру консолідації протягом наступного тижня доставки чи ні. Час виконання зазвичай тривалий, і тому точне прогнозування на основі малої інформації є дуже складним. Прогнозування проводилося в кілька етапів. Достатній рівень точності був отриманий після застосування середньозваженої, лінійної регресії та

логістичної регресії. Незалежними змінними є такі фактори, як розмір попиту за останні кілька тижнів, кількість незадоволених замовлень до прогнозованого замовлення та період, протягом якого замовлення було відкрито. Особи, які приймають рішення, повинні розглянути переваги та недоліки тимчасової консолідації та використовувати її лише після ретельного розгляду інших видів витрат та ефекту збільшення часу виконання. У цій роботі вперше виконано поєднання процесу прогнозування з часовою консолідацією. Майбутні дослідження можуть зосередитися на порівнянні прогнозів, зроблених компаніями-постачальниками та проектною логістикою (англ. *third-party logistics*, далі - 3PL). У цьому дослідженні є деякі обмеження. Наприклад, час виконання вважається довгим і зазвичай займає кілька тижнів. Крім того, якщо точні дані про терміни доставки надають постачальники, то немає необхідності в прогнозуванні з боку 3PL. Постачальники зазвичай мають більше інформації, а отже, можуть надавати кращі прогнози. Якщо витрати на утримання запасів високі, а транспортні витрати низькі, то тимчасова консолідація може бути не привабливою.

Прогнозування термінів доставки відіграє важливу роль в управлінні очікуваннями клієнтів і покращенні задоволеності клієнтів онлайн-роздрібних продавців. Незважаючи на практичне значення, відповідні дослідження досить обмежені. Автори в статті Нушина Саларі [6] запропонували техніку розробки бази даних з керованими даними, щоб генерувати розподільні прогнози часу доставки в режимі реального часу та вирішувати обіцяний час доставки для нових замовлень клієнтів. Їх модель прогнозування базується на передових підходах машинного навчання, які можуть ефективно фіксувати складний зв'язок між часом доставки та прогнозами, що змінюються в часі. Зокрема, вони адаптували дерево регресії та квантильні регресійні ліси (англ. *Quantile Regression Forests*, далі - QRF) для оцінки непараметричних умовних розподілів. Було запозичено теорію з обслуговування черг шляхом відстеження кількості замовлень, що чекають/відправлені з розподільчого центру, які, як показано, мають вирішальне значення для прогнозування продуктивності. Розглядаючи



перспективну проблему часу доставки як завдання класифікації, було запропоновано прийнятне правило прийняття рішень, яке перетворює прогнози розподілу на обіцяні дні доставки. Правило прийняття рішення враховує різні витрати на неправильну класифікацію, пов'язані з пізніми та ранніми поставками, і може встановлювати обіцяний час доставки ефективним способом. Було протестовано фреймворк на вичерпному наборі даних від китайської компанії з електронної комерції JD.com. На основі як кількісних, так і візуальних оцінок QRF забезпечує чудову ефективність прогнозування. У порівнянні з обіцяним часом, наданим JD.com, розроблена структура може зменшити вартість помилкової класифікації та підвищити надійність обіцяного часу доставки.

У статті Жихеда Хіарі [7] було продемонстровано важливість часу в дорозі, тобто прогнозування часу доставки для поштових послуг. Було досліджено кілька методів машинного навчання, які дозволяють передбачити час доставки, проводячи великі експерименти та розглядаючи багато сценаріїв. Результати підтверджують потенціал прогнозування часу в дорозі для поштових послуг. Детальні результати показують, що прогнозування затримки або тривалості поїздки може допомогти пом'якшити великі затримки в доставці, наприклад, затримки, що перевищують 5 годин, шляхом забезпечення похибок, які не перевищують однієї години з точки зору середньої абсолютної похибки та 3 години за середньоквадратичною похибкою. Зауважимо, що прогнозування затримки може призвести до відносно низьких помилок і навіть перенавчання з невеликою частотою, наприклад щомісяця, може давати низький рівень помилок і може бути достатнім для покращення роботи та інформації про клієнтів. Крім того, використання світлового градієнта, програмного забезпечення для посилення градієнта Catboost і підвищення градієнта гістограми гарантує низький час роботи без шкоди для точності, таким чином спрощуючи розгортання та зручність використання.

У статті Ніколаоса Сервоса [9] було прогнозовано час у дорозі мультимодальних перевезень за допомогою алгоритмів машинного навчання ExtraTrees, AdaBoost і регресії опорних векторів (англ. Support Vector Regression,

далі - SVR). Серед трьох застосовуваних алгоритмів машинного навчання SVR досяг найкращої продуктивності в оцінці часу в дорозі. Залежно від експерименту, похибка прогнозу досягає до 17 год за час транспортування до 30 днів. Крім того, виявилось, що основні функції, безпосередньо отримані з даних відстеження, без додавання додаткової інформації про країну чи державні свята, вже забезпечують хороший прогноз. Інші області даних значно не покращують результати. Враховуючи малу кількість перевезень та складність досліджуваного ланцюга поставок, вважається, що результати оцінки є цілком задовільними. Модель SVR також перевершує підходи, засновані на середніх показниках.

Висновки У цій статті було з'ясовано основні проблеми, з якими стикаються спеціалісти в галузі логістики. А також було проведено огляд наукової літератури, щоб з'ясувати останні досягнення в галузі логістики. На нашу думку, техніки використання МН, описані у вибраних статтях, окреслюють напрямки у сфері логістики та відкривають нові перспективи розвитку логістичної сфери. Нами вважається, що використані в роботі методики допоможуть покращити сферу управління логістичними процесами підприємств в Україні. Огляд різних технік і підходів, а також досвід іноземних дослідників для використання МН в сфері логістики у світі доводить необхідність розвитку науково-технічного забезпечення логістики задля державної підтримки новітніх наукових напрямків фундаментальних досліджень, ефективного практичного використання логістичних розробок на підприємствах України, а саме розробка сучасних логістичних концепцій відповідно специфіки ринкових змін; організації та проектування логістичних систем; розробка та використання інформаційно-комп'ютерних систем і технологій тощо.

#### Література

1. Amita Singh, Magnus Wiktorsson, Jannicke Baalsrud Hauge (2021). Trends In Machine Learning To Solve Problems In Logistics. *Procedia CIRP*, Volume 103, 67-72.

2. Schroeder, M., Lodemann, S (2021). A Systematic Investigation of the Integration of Machine Learning into Supply Chain Risk Management. *Logistics 2021*, 5, 62-78.
3. Akbari, M. and Do, T.N.A. (2021). A systematic review of machine learning in logistics and supply chain management: current trends and future directions. *Benchmarking: An International Journal*, Vol. 28 No. 10, 2977-3005.
4. Dino Knoll, Marco Prüglmeier, Gunther Reinhart (2016). Predicting Future Inbound Logistics Processes Using Machine Learning. *Procedia CIRP*, Volume 52, 145-150.
5. Alnahhal, M.; Ahrens, D.; Salah, B. (2021, ЖОВТЕНЬ). Dynamic Lead-Time Forecasting Using Machine Learning in a Make-to-Order Supply Chain. *Appl. Sci. 2021*, 11, 10105-10120.
6. Salari, Nooshin and Liu, Sheng and Shen, Zuo-Jun Max (2020, ВЕРЕСЕНЬ). Real-Time Delivery Time Forecasting and Promising in Online Retailing: When Will Your Package Arrive?
7. Jihed Khiari, Cristina Olaverri-Monreal (2020, ВЕРЕСЕНЬ). Boosting Algorithms for Delivery Time Prediction in Transportation Logistics.
8. Hannah Lickert, Aleksandra Wewer, Sören Dittmann, Pinar Bilge, Franz Dietrich (2021). Selection of Suitable Machine Learning Algorithms for Classification Tasks in Reverse Logistics. *Procedia CIRP*, Volume 96, 272-277.
9. Nikolaos Servos, Xiaodi Liu, Michael Teucke та Michael Freitag (2019, Листопад). Travel Time Prediction in a Multimodal Freight Transport Relation Using Machine Learning Algorithms. *Logistics 2020*, 4, 1.

*e-mail: sramazanov@i.ua,*

*e-mail: kicitkney@gmail.com*

## ЗМІСТ

### Секція 1

<b>ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ .....</b>	<b>5</b>
<b>Аулін Д.О., Басов О.В. ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СИСТЕМИ УЛЬТИФУНКЦІОНАЛЬНОГО ІНТЕГРОВАНОГО ПРИМІСЬКОВО-МІСЬКОГО РЕЙКОВОГО ТРАНСПОРТУ .....</b>	<b>5</b>
<b>Бойко Г.О., Тисячний А.Ю., Яровий М.В. ІННОВАЦІЙНІ КОНСТРУКЦІЇ ХОДОВИХ КОЛІС КРАНІВ МОСТОВОГО ТИПУ .....</b>	<b>8</b>
<b>Заверкін А.В., Кузьменко С.В., Сергієнко О.В., Марченко Д.М. АВТОТРАНСПОРТ ПІДПРИЄМСТВ В УМОВАХ ЦЕНТРАЛІЗАЦІЇ ПАРКУ АВТОМОБІЛІВ .....</b>	<b>12</b>
<b>Запара В.М., Запара Я.В., Іванова А.С., Капустянська Н.Г. ВИКОРИСТАННЯ ЩИТІВ ДВЕРНИХ МЕТАЛІЧНИХ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ ВАНТАЖІВ РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕННЯ У ВЛАСНИХ КРИТИХ ВАГОНАХ .....</b>	<b>18</b>
<b>Запара В.М., Запара Я.В., Максимович Є.А., Неглядова Н.В. АНАЛІЗ ІННОВАЦІЙНИХ ПІДХОДІВ ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТРАНСПОРТНО-ТУРИСТИЧНИХ ПОТОКІВ РІЗНИМИ ВИДАМИ ТРАНСПОРТУ .....</b>	<b>23</b>
<b>Павленко О.В., Очеретько М.О. ВИЗНАЧЕННЯ ПРОБЛЕМНИХ ПИТАНЬ ЩОДО ОРГАНІЗАЦІЇ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМ НАЗЕМНОГО ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ЛІТАКІВ .....</b>	<b>28</b>
<b>Решетков Д.М., Тарасенко Т.С. НАПРЯМИ ГЛОБАЛЬНИХ ЗУСИЛЬ З ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ МОРСЬКИХ ПОРТІВ УКРАЇНИ .....</b>	<b>33</b>
<b>Ромах В.Л. ПРОПУСКНА ЗДАТНІСТЬ ПОРТОВОГО КОНТЕЙНЕРНОГО ТЕРМІНАЛУ - КЛЮЧОВА СКЛАДОВА ПЛАНУ ПЕРЕВЕЗЕНЬ .....</b>	<b>36</b>

<b>Росич К.Є., Кічкіна О.І. АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ПЕРЕНАПРАВЛЕННЯ ВАНТАЖОПОТОКІВ В ЕКСПОРТНОМУ ТА ІМПОРТНОМУ НАПРЯМКУ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ В УКРАЇНІ .....</b>	<b>40</b>
<b>Сакно О.П., Медведєв Є.П., Паньків В.В. ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗВИТКУ ІНФРАСТРУКТУРИ В УКРАЇНІ .....</b>	<b>44</b>
<b>Рибалко І.М., Тіхонов О.В., Захаров А.В. НАПЛАВЛЕННЯ ПОКРИТТІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ МОДИФІКУЮЧОЇ ДОМІШКИ - ДЕТОНАЦІЙНОЇ ШИХТИ .....</b>	<b>48</b>
<b>Секція 2</b>	
<b>ТРАНСПОРТНІ ЗАСОБИ (ЗА ВИДАМИ ТРАНСПОРТУ).....</b>	<b>52</b>
<b>Волошин Д.І., Волошина Л.В. ОСОБЛИВОСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ СУЧАСНИХ КОНСТРУКЦІЙ БУКСОВИХ ВУЗЛІВ.....</b>	<b>52</b>
<b>Дьомін Ю.В., Дьомін Р.Ю., Черяк Г.Ю., Сергієнко О.В. ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ДОПУСКУ ДО ЕКСПЛУАТАЦІЇ РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ УКРАЇНИ.....</b>	<b>55</b>
<b>Ковтанець М.В., Сергієнко О.В., Ноженко В.С., Ковтанець Т.М., Колесник О.Ю. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА КОЕФІЦІЄНТ ЗЧЕПЛЕННЯ .....</b>	<b>60</b>
<b>Корпач А.О., Корпач О.А. ВИБІР РУХОВОГО СКЛАДУ ДЛЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ НА ЛІНІЇ МЕТРОБУСА В МІСТІ КИЄВІ .....</b>	<b>65</b>
<b>Блатніцкий М., Діжо Я., Герліці Ю., Кравченко О.П., Кравченко К.О., Іщук В.В. УДОСКОНАЛЕННЯ ВІЗКА ПРОТИМІННОЇ МАШИНИ.....</b>	<b>68</b>
<b>Краюшкін О.О., Климаш А.О., Климаш Д.А. АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ.....</b>	<b>72</b>
<b>Кузьменко С.В., Марченко Д.М., Заверкін А.В., Ларченко М.І. ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОАКУМУЛЮЮЧИХ ПРИСТРОЇВ НА ПАСАЖИРСЬКОМУ РУХОМОМУ СКЛАДІ ЗАЛІЗНИЦЬ .....</b>	<b>76</b>

<b>Кульбовський І.І., Голуб Г.М., Сапронова С.Ю., Ткаченко В.П.</b>	
<b>МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ КОМПЛЕКСНОЇ ОЦІНКИ ЯКОСТІ РЕМОНТУ КОЛІСНИХ ПАР РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ</b>	<b>81</b>
<b>Ловська А. О., Фомін О. В., Скуріхін Д. І., Рибін А. В.</b>	
<b>ОСОБЛИВОСТІ ДИНАМІЧНОЇ НАВАНТАЖЕНОСТІ НАПІВВАГОНА З ПРУЖНО-ФРИКЦІЙНИМИ СКЛАДОВИМИ В РАМІ</b>	<b>84</b>
<b>Ловська А. О., Фомін О. В.</b>	
<b>ВИЗНАЧЕННЯ НАВАНТАЖЕНОСТІ КОНТЕЙНЕРА ТИПУ FLAT RACK ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ ЗАЛІЗНИЧНИМ ПОРОМОМ</b>	<b>87</b>
<b>Ловська А. О., Фомін О. В., Скуріхін Д. І., Рибін А. В.</b>	
<b>ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ УДОСКОНАЛЕНОЇ КОНСТРУКЦІЇ РАМИ НАПІВВАГОНА ПРИ МАНЕВРОВОМУ СПІВУДАРЯННІ</b>	<b>90</b>
<b>Могила В.І., Сергієнко О.В., Коротенко Б.М.</b>	
<b>УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ГАСИТЕЛЯ КОЛИВАНЬ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЙОГО ЕФЕКТИВНОСТІ</b>	<b>93</b>
<b>Могила В.І., Ковтанець М.В., Сергієнко О.В., Ковтанець Т.М., Вакулік М.М., Яровий М.В.</b>	
<b>АНАЛІЗ І ДОСЛІДЖЕННЯ ПОХИБКИ У РОЗРАХУНКАХ КОЕФІЦІЄНТА ТЕПЛОВІДДАЧІ ПРИ КОНДЕНСАЦІЇ ПАРУ В ТРУБАХ</b>	<b>97</b>
<b>Неженцев О.Б.</b>	
<b>АНАЛІЗ ТА ПЕРЕТВОРЕННЯ РЕГРЕСІЙНИХ МОДЕЛЕЙ ВАНТАЖОПІДІЙМАЛЬНИХ КРАНІВ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ</b>	<b>101</b>
<b>Сапронова С.Ю., Ткаченко В.П., Зуб Є.П.</b>	
<b>РОЗРАХУНОК КІНЕМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТА ЇХ ПЕРЕРОЗПОДІЛ МІЖ ОСНОВНИМ І ГРЕБНЕВИМ КОНТАКТАМИ КОЛЕСА ІЗ РЕЙКОЮ</b>	<b>107</b>
<b>Семенов С.О., Михайлов Є.В.</b>	
<b>АНАЛІЗ РУХУ КОЛІСНОЇ ПАРИ З КОЛЕСАМИ ПЕРСПЕКТИВНОЇ КОНСТРУКТИВНОЇ СХЕМИ</b>	<b>113</b>

<b>Терлич С.В.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ДЕФОРМАЦІЙ ПЛАСТИН ІЗ КРУГЛИМИ ВИРІЗАМИ ДЛЯ МЕТАЛЕВИХ БАШТ ПЛАВУЧОГО ДОКУ .....	<b>116</b>
<b>Фомін О.В., Ловська А.О., Сова С.С.</b> ВИЗНАЧЕННЯ НАВАНТАЖЕНОСТІ КРИШКИ ЛЮКА НАПІВВАГОНА ІЗ ПОЛІМЕРНОГО КОМПОЗИЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ .....	<b>121</b>
<b>Фомін О.В., Ловська А.О., Литвиненко А.С.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ НАВАНТАЖЕНОСТІ ВАГОНА-ПЛАТФОРМИ, АДАПТОВАНОГО ДО ПЕРЕВЕЗЕНЬ НАЛИВНИХ ВАНТАЖІВ .....	<b>124</b>
<b>Мусийко В.Д., Коваль А.Б., Корпач А.А., Пацьора Д.І.</b> УДОСКОНАЛЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ РОТОРНИХ ТРАНШЕЙНИХ ЕКСКАВАТОРІВ ШЛЯХОМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДВОСТУПЕНЕВОГО РОЗВАНТАЖЕННЯ ЇХ БЕЗКІВШЕВИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ .....	<b>127</b>
<b>Секція 3</b>	
<b>ТРАНСПОРТНА ІНФРАСТРУКТУРА .....</b>	<b>132</b>
<b>Пасічник А. М.</b> ПРОБЛЕМИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ТА ВІДНОВЛЕННЯ .....	<b>132</b>
<b>Полупан Є.В., Шевченко С.І., Сергієнко В.О.</b> ІННОВАЦІЇ В ОРГАНІЗАЦІЇ ТА УПРАВЛІННІ ВИРОБНИЦТВОМ ТО ТА РЕМОНТУ АТЗ В АТП .....	<b>138</b>
<b>Шпак Н.Г.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ ПОРТУ ТА ВАНТАЖОВЛАСНИКА З УРАХУВАННЯМ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕРЕВАНТАЖУВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ .....	<b>143</b>
<b>Секція 4 .....</b>	<b>147</b>
<b>ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЛОГІСТИЧНИХ І ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМАХ .....</b>	<b>147</b>
<b>Кічкіна О.І., Кікін О.В.</b> РІШЕННЯ ЗАДАЧІ АВТОМАТИЗОВАНОГО ФОРМУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КАРТ ПРИ ВЗАЄМОДІЇ ВИДІВ ТРАНСПОРТУ В ПОРТУ .....	<b>147</b>

**Рамазанов С.К., Макаренко М.Б., Очеретяний А.Д. ВИКОРИСТАННЯ  
ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В УПРАВЛІННІ ЛОГІСТИЧНИХ  
СИСТЕМ..... 150**