



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ



ДЕРЖАВНА  
НАУКОВА  
УСТАНОВА



ІНСТИТУТ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЗМІСТУ ОСВІТИ



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



## МАТЕРІАЛИ ДОПОВІДЕЙ

*II Міжнародної  
науково-практичної конференції*  
**ЛОГІСТИКА І ТРАНСПОРТНА БЕЗПЕКА:  
ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ  
РОЗВИТКУ В КОНТЕКСТІ АНАЛІЗУ  
СУЧАСНИХ ВИКЛИКІВ І ЗАГРОЗ**

## REPORT MATERIALS

*The 2nd International  
Scientific and Practical Conference*  
***Logistics and Transport Security:  
Issues and Development Prospects in  
the Context of Analyzing  
Contemporary Challenges and  
Threats***

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДНІПРО  
2023



ДНУ «ІНСТИТУТ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЗМІСТУ ОСВІТИ»  
**УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ**

ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ (НІМЕЧЧИНА)  
РИЗЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ (ЛАТВІЯ)  
ІНСТИТУТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ (ЛАТВІЯ)  
МІЖНАРОДНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЛОГІСТИКИ І ТРАНСПОРТУ (ПОЛЬЩА)  
ВАРШАВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ (ПОЛЬЩА)  
ДЕРЖАВНА СПЕЦІАЛЬНА СЛУЖБА ТРАНСПОРТУ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНА

## **МАТЕРІАЛИ ДОПОВІДЕЙ**

**II Міжнародної  
науково-практичної конференції  
ЛОГІСТИКА І ТРАНСПОРТНА БЕЗПЕКА: ПРОБЛЕМИ ТА  
ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ В КОНТЕКСТІ АНАЛІЗУ  
СУЧАСНИХ ВИКЛИКІВ І ЗАГРОЗ**

## **REPORT MATERIALS**

**The 2nd International  
Scientific and Practical Conference  
Logistics and Transport Security: Issues and Development Prospects in the  
Context of Analyzing Contemporary Challenges and Threats**

Дніпро  
«Середняк Т.К.»  
2023

**656:658.7(062.552)****Л 69***за заг. ред. Ю. С. Пройдака, І. С. Остапенка, М. В. Гернича УДУНТ*

**Л 69** Логістика і транспортна безпека: Проблеми та перспективи розвитку в контексті аналізу сучасних викликів і загроз[Текст]: матеріали доповідей II Міжнародної науково-практичної конференції, 09 листопада 2023 р. — Дніпро: Середняк Т.К., 2023, — 272 с.

**ISBN 978-617-8245-99-3**

Матеріали доповідей II - Міжнародної науково-практичної конференції «ЛОГІСТИКА І ТРАНСПОРТНА БЕЗПЕКА: ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ В КОНТЕКСТІ АНАЛІЗУ СУЧАСНИХ ВИКЛИКІВ І ЗАГРОЗ» присвячений проблемам забезпечення стійкості та безпеки транспортних систем а також логістичної інфраструктури (складської і транспортної) України в умовах воєнного стану, оцінці перспектив використання сучасних інформаційних рішень у післявоєнному відновлення транспортної інфраструктури України та поглиблення інтеграції національної транспортної мережі в Транс'європейську мережу. Забезпечення висвітлення міжнародного обміну досвідом організації логістичних процесів в кризових умовах. Якісний професійний нетворкінг.

© Усі права авторів застережені, 2023

© Український державний університет науки і технологій,  
кафедра військової підготовки спеціалістів  
оригінал-макет, 2023

## Науковий комітет Конференції:

Константин СУХИЙ – професор, д.т.н., в.о. ректора УДУНТ – голова комітету.  
Анатолій РАДКЕВИЧ – професор, д.т.н., перший проректор УДУНТ – співголова комітету (за згодою).  
Юрій ПРОЙДАК – професор, д.т.н., проректор з наукової роботи УДУНТ – співголова комітету.  
Ігор ОСТАПЕНКО – полковник, начальник кафедри військової підготовки спеціалістів Державної спеціальної служби транспорту УДУНТ – співголова комітету.

## Члени наукового комітету Конференції:

Максим АРБУЗОВ – доцент, к.т.н., доцент кафедри «Транспортна інфраструктура», УДУНТ.  
Андрій АФАНАСОВ – професор, д.т.н., завідувач кафедри «Електрорухомий склад залізниць», УДУНТ.  
Борис БОДНАР - професор, д.т.н., завідувач кафедри «Локомотиви», УДУНТ.  
Гедимінас ВАЙЧЮНАС – д.т.н., Вільнюський технічний університет ім. Гедимінеса, Литва (за згодою).  
Володимир ГАВРИЛЮК – професор, д.ф.-м.н., завідувач кафедри «Автоматика та телекомунікації», УДУНТ.  
Ігор ЖУКОВИЦЬКИЙ – професор, д.т.н., завідувач кафедри «Електронні обчислювальні машини», УДУНТ.  
Калівода Я. – професор Празького технічного університету, Чехія (за згодою).  
Дмитро КОЗАЧЕНКО – професор, д.т.н., професор кафедри «Управління експлуатаційною роботою», УДУНТ.  
Козловські А. – д.т.н., професор Вищої Банківської школи, м. Гданськ, Польща (за згодою).  
Валерій КУЗНЕЦОВ – професор, д.т.н., офіційний представник директора по співпраці зі східними ринками, «Інститут колійництва», Польща, (за згодою).  
Микола КУРГАН – професор, д.т.н., професор кафедри «Транспортна інфраструктура», УДУНТ.  
Льобер Д. – д.т.н., професор Університету Валансьєн, Франція (за згодою).  
Мезігіс М. – д.т.н., професор, директор Інституту транспорту Ризького технічного університету, Латвія (за згодою).  
Степан ГУТА – кандидат наук з державного управління, полковник, заступник Голови Адміністрації Держспецтрансслужби, м. Київ.  
Леонтій МУРАДЯН – професор, д.т.н., професор кафедри «Вагони та вагонне господарство», УДУНТ.  
Андрій ОКороков – доцент, к.т.н., завідувач кафедри «Управління експлуатаційною роботою», УДУНТ.  
Орсен Т. – д.т.н., професор Національної школи майстерності та професій, Франція (за згодою).  
Сладковський О. – д.т.н., професор, завідувач кафедри «Логістика і промисловий транспорт» Сілезького технічного університету, Польща (за згодою).  
Яцина М. – к.т.н., професор, декан транспортного факультету Варшавської політехніки, Польща (за згодою).

Текст тез доповідей учасників Конференції подано мовою оригіналу у редакції авторів.

Офіційна наукова конференція з проблем вищої освіти і науки в системі Міністерства освіти і науки України на 2023 рік: лист Державної наукової установи «Інститут модернізації змісту освіти» від 19.01.2023 р. № 21/8-53 «Про Перелік наукових конференцій з проблем вищої освіти і науки у 2023 році»

**СЕКЦІЯ 1 «АВТОМАТИЗАЦІЯ, ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА  
КІБЕРБЕЗПЕКА В ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМАХ»**

УДК 004.89:656.212.5

**МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ МЕТОДІВ  
ПРОГНОЗУВАННЯ ЧАСОВИХ РЯДІВ ТЕХНОЛОГО-ЕКОНОМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ  
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ В АНАЛІТИЧНИХ СЕРВЕРАХ АСК ВП УЗ-Є**В. В. СКАЛОЗУБ<sup>1\*</sup>, І. В. ЖУКОВИЦЬКИЙ<sup>2</sup>, І. В. КЛИМЕНКО<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup>Каф. «Комп'ютерні інформаційні технології», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта skalozub.vl.v@gmail.com, ORCID 0000-0002-1941-4751

<sup>2</sup>Каф. «Електронні обчислювальні машини», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта ivzhukl@gmail.com, ORCID 0000-0002-3491-5976

<sup>3</sup>Каф. «Комп'ютерні інформаційні технології», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта [vanya.klymenko@gmail.com](mailto:vanya.klymenko@gmail.com), ORCID [0000-0001-5149-3974](https://orcid.org/0000-0001-5149-3974)

**Анотація.** В роботі досліджено можливості створення уніфікованих інтелектуальних автоматизованих систем залізничного транспорту на основі платформи аналітичних серверів єдиної автоматизованої системи управління вантажними залізничними перевезеннями України (АСК ВП УЗ-Є) та оперативного аналізу та прогнозування параметрів вагонопотоків на їх базі.

*Ключові слова:* автоматизовані системи залізничного транспорту; аналітичні сервери; часові ряди; показник Херста.

Наразі виконується інтеграція інформаційних ресурсів автоматизованих систем українських залізниць (УЗ) у рамках єдиної автоматизованої системи управління вантажними перевезеннями АСК ВП УЗ-Є. При переході до АСК ВП УЗ-Є наголосимо на важливості розвитку інтелектуальних технологій стосовно нових завдань підвищення технологічної, економічної та інформаційної ефективності АСК. Відкрита архітектура АСК ВП УЗ-Є дозволяє виконати автоматизацію різних аспектів керування вантажними перевезеннями [1]. Разом з цим в АСК вантажними перевезеннями практично немає уніфікованих підсистем, які забезпечують процеси підтримки управлінських рішень (ППР) персоналу з використанням сучасних інтелектуальних методів виявлення та дослідження закономірностей у накопичених даних.

У зв'язку з тим, що підсистеми ППР мають низку спільних завдань та функцій, які в рамках АСК ВП УЗ-Є мають спиратися на загальну інформаційну базу та загальні методи реалізації, доцільно уніфікувати процедури створення та підготувати методики їхньої ефективної реалізації. Для таких підсистем керування запропоновано використовувати термін «Аналітичні сервери» – АС [2]. Системи АС призначені для уніфікації розробки процедур ППР, щоб на основі інформаційного фундаменту АСК ВП УЗ-Є забезпечити інформаційно-аналітичну підтримку управлінських рішень керівного, інженерно-технічного та диспетчерського персоналу.

Орієнтація на ефективність підтримки конкретних управлінських функцій визначає необхідність створення комплексу чи сімейства АС, які мають спеціалізуватися на різних типах завдань керування вантажними перевезеннями: керування вагонними парками (АС УВП), керування локомотивними парками (АС УЛП) тощо.

Водночас, відповідно до сучасних підходів до створення інформаційних систем, є доцільним використання спільної платформи, в рамках якої вирішуються питання стандартизації та загальносистемного забезпечення АС.

При виборі апаратно-програмних рішень щодо створення АС доцільно надавати пріоритет сучасним веб-технологіям. В даний час у рамках таких технологій створено низку стандартних рішень, які забезпечують ефективні комунікації за наявності інформаційної безпеки та досить розвинутого текстово-графічного інтерфейсу користувачів.

На рис. 1 [2] наведена можлива схема функціонування аналітичних серверів у складі АСК ВП УЗ-Є. Виділяються три рівні, у яких відбувається функціонування АС: апаратно-програмні засоби (АПЗ) ядра АСК ВП УЗ-Є, власні АПЗ аналітичних серверів, АПЗ клієнтів АС.

АПЗ ядра АСК ВП УЗ-Є насамперед забезпечують ведення бази даних, якою користуються завдання АС. Тут також можуть функціонувати деякі програми обробки даних (наприклад, програми для формування бази знань). Важливо наголосити, що відповідно до архітектури АСК ВП УЗ-Є аналітичні сервери, як правило, мають функціонувати в рамках конкретних вузлів системи.

Функції, які покладаються на АПЗ клієнтів (клієнтські комп'ютери), можуть бути різними відповідно до завдань конкретних робочих місць. Відповідно до технічної політики розвитку системи АСК ВП УЗ-Є, перевага надається так званим «тонким клієнтам» – рішенням, які мінімізують вимоги до супроводу клієнтських АПЗ за рахунок виконання більшості функцій системи у її серверній частині. Варіантом такого рішення при використанні веб-технологій є надтонкий клієнт, де на ПК користувача може використовуватися лише стандартна програма-браузер.

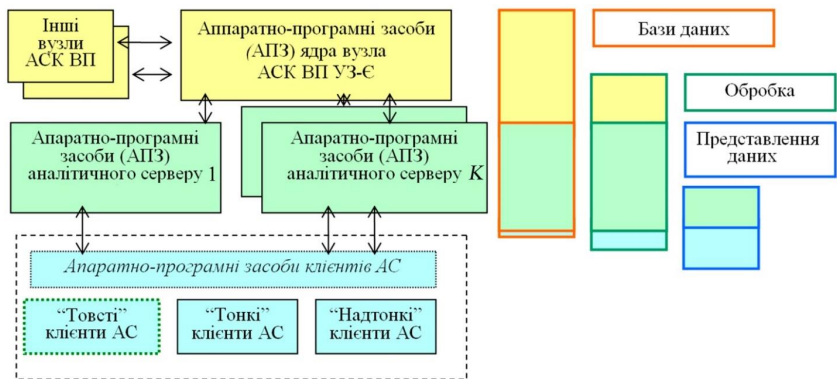


Рисунок 1. Схема взаємодії АС з клієнтами та ядром АСК ВП УЗ-Є

Функції, які покладаються на АПЗ клієнтів (клієнтські комп'ютери), можуть бути різними відповідно до завдань конкретних робочих місць. Відповідно до технічної політики розвитку системи АСК ВП УЗ-Є, перевага надається так званим «тонким клієнтам» – рішенням, які мінімізують вимоги до супроводу клієнтських АПЗ за рахунок виконання більшості функцій системи у її серверній частині. Варіантом такого рішення при використанні веб-технологій є надтонкий клієнт, де на ПК користувача може використовуватися лише стандартна програма-браузер. В інформаційній структурі АСК ВП УЗ-Є можуть бути «вписані» практично всі технологічні процеси роботи вантажного залізничного транспорту, а також інші технології експлуатації об'єктів УЗ, включаючи завдання створення інтелектуальних систем транспорту. Система автоматизує завдання, які раніше вирішувалися різними окремими системами на різноманітних технологічних і технічних базах. При цьому реалізується широке коло питань інформатизації перевізного процесу, починаючи від місячного планування, оформлення перевізних документів, перевезення вантажів до аналізу результатів перевезень. В системі АСК ВП УЗ-Є в режимі «технологічного реального часу» виконуються процедури подієвого моделювання процесів і технологій роботи транспорту, експлуатації, економіки, а також їх інформаційного забезпечення.

Набір інформаційно-аналітичних моделей об'єктів і процесів, пов'язаних з виконанням залізничних перевезень, включає необхідні моделі подій для всіх складових транспортного процесу, такі як локомотивна модель, контейнерна, вагонна і поїзна моделі, моделі відправок та маршрутів слідування, моделі роботи локомотивних бригад і прикордонних станцій.

В якості прикладу можливого використання аналітичних серверів наведемо розроблену авторами методику оперативного прогнозування недетермінованих та антиперсистентних технологіко-економічних процесів залізничного транспорту на основі застосування нових статистичних методів аналізу часових рядів, які збираються системою АСК ВП УЗ-Є. Наведені методи можуть бути використані в аналітичних серверах АСК ВП УЗ-Є для підтримки прийняття управлінських рішень.

Дані про процеси перевезень, що накопичуються в АСК ВП УЗ-Є, є часовими рядами (ЧР), упорядкованими за етапами зміни деяких із заданих показників. Ці показники мають складну динамічну структуру та відображають властивості технологічних, фінансових та багатьох інших процесів залізничного транспорту.

У цьому відзначимо можливість застосування нових статистичних методів аналізу таких рядів, у прикладі – параметрів вагонопотоків. Серед цих методів виділимо показник Херста [3], що оцінює стохастичність низки та наявність у ньому довготривалої «пам'яті», а також метод Т. Демарка [4], що використовується для прогнозування біржових процесів.

Автоматизація оперативного аналізу та прогнозування параметрів вагонопотоків можлива з використанням методів хаотичної динаміки, R/S-аналізу. Представимо один із результатів аналізу часових рядів на основі показника Херста. Його значення дозволяє встановити категорію, класифікувати процеси ВР як персистентні (трендостійкі), антиперсистентні (злам тенденції, повернення), виявити випадковий характер процесу.

$$H = \frac{\log(R/S)}{\log(a * N)},$$

де  $H$  – показник Херста;

$S$  – середнє квадратичне відхилення ЧР;

$R$  – розмах відхилень, що накопичуються;

$N$  – кількість періодів спостережень;

$a$  – задана константа.

Встановлено, що з «коротких» ЧР (відповідають реальним процесам реалізації залізничних перевезень) краще використовувати величину константи  $a=\pi/2$ . Таке значення параметра дозволяє з більшою достовірністю оцінювати властивості ВР та визначати, коли ЧР має пам'ять ( $H > 0,5$ ). Вирішується завдання визначення основних характеристик часових рядів, що представлені на рис. 2 (наявність властивості випадковості низки показників або присутність у ньому «довготривалої пам'яті» – категорії персистентність, антиперсистентність; розрахунок середньої довжини прихованого циклу; стійкість основної тенденції ряду – тренда). Розраховувалися згідно з (1) значення показників Херста для рядів А і В. При цьому було встановлено, що коефіцієнт Херста  $H$  для ряду А має значення в діапазоні від 0,343 до 0,389, тобто.  $H < 0,5$  (ряд є антиперсистентним, очікується зміна тенденції); для ряду В значення  $H$  від 0,664 до 0,715, тобто.  $H > 0,5$  (ряд персистентний, тенденція зберігається).

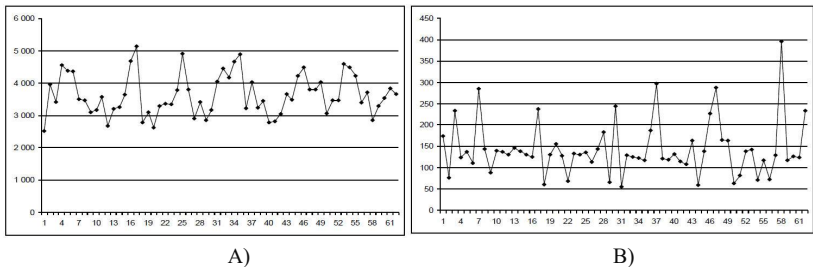


Рисунок 2. Графіки добової передачі вагонів між залізничними полігонами

При регресійному аналізі поведінки рядів отримані такі рівняння:  
для ряду А

$$Y = 3565 + 2,422 * X;$$

для ряду В

$$Y = 171,6 + 1,794 * X.$$

Обидві функції, побудовані для рядів А та В, відповідають умовам адекватності, свідчать про очікуване зростання прогнорованих параметрів у майбутніх періодах. Разом з тим, це суперечить результатам аналізу Херста для ряду А, які вказують на очікувану зміну тенденції тимчасового ряду – тобто на можливе зменшення показника в майбутньому. Таким чином, показано необхідність уніфікувати та вдосконалювати методики прогнозування та планування показників технологічних та відповідних економічних процесів на залізничному транспорті.

Наведений аналіз та результати дослідження стану та перспектив розвитку та довгострокового застосування системи АСК ВП УЗ-Є свідчать про актуальну потребу впровадження у системі уніфікованих інтелектуальних засобів підтримки процесів прийняття рішень. Для реалізації цього проекту пропонується створення додаткового комплексу АСК ВП УЗ-Є – аналітичних серверів. Одним з механізмів, який може ефективно використовуватися в

аналітичних серверах, може бути розроблена процедура аналізу агрегованих часових рядів, яка забезпечує можливість обґрунтованої інтерпретації їх додаткових властивостей та отримання достовірних оцінок для прогнозування та планування досліджуваних процесів.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Великодный В.В. Компонентно-ориентированное программирование в разработках интегрированной среды автоматизированной системы управления железнодорожного транспорта Украины / В.В. Великодный, И.В. Жуковичский, В.В. Скалозуб и др. // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. – 2005. – № 5. – С.63-68.
2. Жуковицький І.В. Принципи побудови системи підтримки прийняття рішень і управління вантажними перевезеннями на основі аналітичних серверів АСК ВП УЗ / І.В. Жуковицький, В.В. Скалозуб, А.Б. Устенко // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – 2007. – Вип. 17. – С.28-34
3. Петерс Э. Фрактальный анализ финансовых рынков. Применение теории Хаоса в инвестициях и экономике. - М.: Интернет-трейдинг, 2004. - 304 с.
4. Демарк Т. Технический анализ – новая наука. – К.: Евро, 2012. - 286 с.

#### POSSIBILITIES OF USING INTELLIGENT METHODS OF FORECASTING TIME SERIES OF TECHNOLOGICAL-ECONOMIC PROCESSES OF RAIL TRANSPORT IN ANALYTICAL SERVERS OF ASK VP UZ-E

V. V. SKALOZUB<sup>1\*</sup>, I. V. ZHUKOVYTS'KYI<sup>2</sup>, I. V. KLIMENKO<sup>3</sup>

1\*Dep. «Computer Information Technologies», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail skalozub.vl.v@gmail.com, ORCID 0000-0002-1941-4751

2Dep. «Electronic Computing Machines», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail ivzhukl@gmail.com, ORCID 0000-0002-3491-5976

3Dep. «Computer Information Technologies», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail [vanva.klymenko@gmail.com](mailto:vanva.klymenko@gmail.com), ORCID [0000-0001-5149-3974](https://orcid.org/0000-0001-5149-3974)

**Abstract.** The work explores the feasibility of creating unified intelligent automated systems for railway transport based on the platform of analytical servers of a united automated management system for freight railway transportation in Ukraine (ASK VP UZ-E) and operational analysis and forecasting of parameters of car flows on their basis.

*Key words:* automated systems of transport; analytical servers; time series; Hirst show.

#### REFERENCES

1. Velikodny, V. V., Zhukovyts'kyi, I. V., Skalozub V. V. et al. (2005). Component-oriented programming in the development of an integrated environment for an automated control system for railway transport in Ukraine. Information and control systems in railway transport, 5, 63-68. (in Russian)
2. Zhukovyts'kyi I. V., Skalozub V. V., Ustenko A. B. (2007). Principles of an incentive system to support decision making and management of freight transportation based on analytical servers of ASK VP UZ. Newsletter of the Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, 17, 28-34 (in Ukrainian)

3. Peters E. (2004). Fractal analysis of financial markets. Application of Chaos theory in investment and economics. Moscow: Internet trading. (in Russian)
4. Demark T. (2012). Technical analysis – a new science. – Kiev: Euro. (in Russian)

УДК 656.212.5:681.3

## ОГЛЯД МЕТОДІВ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕННЯ РЕЄСТРАЦІЙНОГО НОМЕРУ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ

І. В. ЖУКОВИЦЬКИЙ<sup>1\*</sup>, В. В. ПАШУК<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup>Каф. «Транспортна інфраструктура», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта [ivzhukl@gmail.com](mailto:ivzhukl@gmail.com)

<sup>2</sup>Каф. «Транспортна інфраструктура», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта [nadezdapasuk@gmail.com](mailto:nadezdapasuk@gmail.com)

**Анотація.** Метою огляду є вивчення методів обробки зображення реєстраційного номеру транспортного засобу під час зйомки камерою смартфона. Це дасть можливість у подальшому розробити власний метод обробки та покращити якість зображення при визначенні реєстраційного номеру транспортного засобу.

При проведенні огляду будуть вивчатися наступні методи дослідження:

- методи теорії обробки зображень;
- методи теорії ймовірності та математичної статистики;
- методи морфологічного аналізу;
- методи системного аналізу;
- методи диференційного числення;
- методи цифрової обробки сигналів;
- математичний апарат теорії матриць.

*Ключові слова:* дослідження, метод, номер, вагон, обробка зображення.

*Вступ.* Якісна обробка зображень з метою розпізнавання номерного знаку транспортного засобу є актуальною та важливою в системах безпеки та відеоспостереження. Системи автоматичного розпізнавання номерних знаків використовуються для автоматизації управління рухом транспорту, а також з метою відстеження переміщення цього транспорту. Такі системи мають досить різноманітний спектр застосування:

– на платних стоянках для автомобілів. Номерний знак зчитується двічі. Автоматично визначається час стоянки та величина оплати. Додатково така система може визначати транспортні засоби, для яких оплата не проводиться:

– контроль доступу – автоматичний пропуск в зону, що охороняється;

– на платних автомобільних шляхах. Розпізнавання номерного знаку проводиться для визначення плати за проїзд або для додаткової перевірки дозволу на проїзд якщо це необхідно;

– прикордонний контроль – номерний знак реєструється під час в'їзду та при виїзді з країни;

– розшук викрадених транспортних засобів (авто, вантажівки і т.д.). [1]

Система розташована на узбіччі дороги та здійснює контроль номерних знаків всіх транспортних засобів. У реальному масштабі часу проводиться порівняння номерних знаків зі

списком номерних знаків транспортних засобів, що викрадені. При визначенні такого транспортного засобу система повідомляє про це транспортній поліції, котра зупиняє такий транспортний засіб:

- контроль перевищення швидкості та проїзду на забороняюче світло світлофору;
- управління рухом транспортних засобів. [1,2]

Проводиться класифікація транспортних засобів та перенаправлення їх на різні полоси руху з метою можливої перевірки цього транспорту, перевірки документів тощо. В існуючих системах автоматичного розпізнавання номерних знаків використовуються стаціонарні відеокамери. Дистанція розпізнавання номеру, як правило, відома та складає десятки або навіть сотні метрів. Відеокамери правильно розміщені та сконфігуровані, що значно полегшує задачу розпізнавання номерів транспортних засобів. Є також можливість використовувати різного роду допоміжні функції з метою отримання максимально якісного та насиченого зображення при різномірному освітленні. [2]

Зазначене вище дозволяє використовувати освітлення на достатньому рівні, уникати нахилу номерної пластини, забезпечити автоматичне фокусування, уникати відбиття світла та наявність тіні. Також максимально зменшується можливість деформації номерного знаку, розмиття та нечіткості зображення.

Метод обробки зображення реєстраційного номеру транспортного засобу передбачає основні етапи:

1. Введення вихідних даних – потокове відео, характеристики камери смартфона.
2. Розкадрування потокового відео (отримання вихідного зображення (кадру потокового відео)  $f(X)$ ).  $X(x, y)$  – координати пікселів на кадрі потокового відео (вихідному зображенні).
3. Попередня обробка зображення реєстраційного номеру транспортного засобу (кадру потокового відео).
4. Знаходження області реєстраційного знаку транспортного засобу.
5. Розпізнавання символів реєстраційного номеру транспортного засобу.
6. Уточнення розпізнавання символів з використанням сигнатури реєстраційного знаку транспортного засобу.
7. Уточнення розпізнавання символів з використанням об'єднання результатів кадрів потокового відео.
8. Отримання результату обробки. [2,3]

Розглянемо детально основні етапи методу обробки зображення реєстраційного номеру транспортного засобу. Класична попередня обробка зображення реєстраційного номеру транспортного засобу передбачає перехід від вихідного кольорового зображення до зображення в градаціях сірого кольору. Це може привести до втрати корисної інформації в залежності від кольорового простору представлення зображення. Врахуємо, що текст (символи) на реєстраційному номері транспортного засобу є контрастним по відношенню до фону на номерній пластині. Тому, на відміну від відомих, на етапі попередньої обробки зображення реєстраційного номеру транспортного засобу проведемо попіксельне перемноження яскравостей каналів кольорового простору представлення вихідного зображення. [3]

Знаходження області реєстраційного знаку транспортного засобу на вихідному зображенні сформулюємо у вигляді наступної послідовності операцій:

- визначення функції належності до множини областей реєстраційного номеру транспортного засобу;

- пошук областей, які задовольняють визначеній функції належності.

Для покращення якості розпізнавання символів реєстраційного номеру будемо враховувати сигнатуру реєстраційного номеру. Під сигнатурою реєстраційного номеру будемо розуміти інформацію, який саме символ (буква чи цифра) знаходиться на кожному знакомісті. Це дозволяє звузити алфавіт розпізнавання і підняти якість розпізнавання. [4]

В практичних застосуваннях при розпізнаванні реєстраційних номерів транспортного засобу робота проводиться не з одиночним зображенням, а й із їх послідовністю (чи відео). На таких зображеннях транспортний засіб наближається до камери (чи віддаляється від неї). У такому випадку можна підняти якість розпізнавання за рахунок врахування результатів обробки інших зображень цього транспортного засобу. Таким чином, розроблено метод обробки зображення реєстраційного номеру транспортного засобу. На відміну від відомих, метод додатково передбачає:

- попіксельне перемноження яскравостей каналів кольорового простору представлення вихідного зображення;
- застосування морфологічної операції  $\text{imtophat Tw}(g(X))$  до зображення  $g(X)$ ;
- пошук по зразку по максимуму крос-кореляційної функції;
- врахування руху транспортного засобу (підбір відповідного масштабу зразку пошуку);
- врахування сигнатури реєстраційного знаку;
- врахування результатів обробки інших зображень цього транспортного засобу. [4,5]

Для покращення якості розпізнавання символів реєстраційного номеру (наприклад, в умовах наявності бруду, ефектів освітлення, значних перспективних спотворень) будемо враховувати сигнатуру реєстраційного номеру.

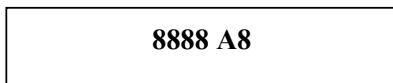


Рис. 1. Сигнатура для номерного знаку

На рис. 1 символ "8" позначає довільну цифру з набору "0123456789", символ "A" позначає довільну літеру з набору "АВСЕНІКМОРТХ". Таким чином, пошук області реєстраційного номерного знаку здійснюється по загальному шаблону T, а для визначення того, чи даний символ є цифрою чи літерою, використовуються спеціальні шаблони T8 і TA відповідно. [5]

Проведеному дослідженню притаманні наступні обмеження та припущення:

- розглядається зображення номерного знаку вантажного вагону;
- у якості смартфона використовується смартфон OPPO Reno 5 Lite;
- розрізнення відео знімання 1080P/30к/с;
- розкадрування потокового відео проведено;
- кадр потокового відео представляється вихідним зображенням в кольоровому просторі Red-Green-Blue (RGB);
- вплив шумів на зображення не враховується; – відсутній поворот рамки номерного знаку транспортного засобу;

- транспортний засіб наближається до особи, що проводить знімання;
- умови освітлення – природний фон, природне освітлення;
- ракурс знімання – незначні проєктивні спотворення, здалеку, без повороту.

*Висновки.* Було розглянуто та вивчено методи обробки зображення реєстраційного номеру транспортного засобу при зніманні камерою смартфона. Основні етапи методу обробки зображення реєстраційного номеру транспортного засобу наступні:

- введення вихідних даних;
- розкадрування потокового відео;
- попередня обробка зображення реєстраційного номеру транспортного засобу;
- знаходження області реєстраційного знаку транспортного засобу;
- уточнення розпізнавання символів з використанням сигнатури реєстраційного знаку транспортного засобу;
- уточнення розпізнавання символів з використанням об'єднання результатів кадрів потокового відео;
- отримання результату обробки.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. OSCE Special Monitoring Mission to Ukraine (SMM) Daily Report 11/2022 issued on 18 January 2022. Organization for Security and Co-operation in Europe. URL: <https://www.osce.org/special-monitoring-mission-to-ukraine/510200>
2. Nechepurenko, I., Higgins, A. (2022). In Kazakhstan's Street Battles, Signs of Elites Fighting Each Other. The New York Times. URL: <https://www.nytimes.com/2022/01/07/world/asia/kazakhstan-protests.html>
3. Lee, H., Kim, D., Kim, D., Bang, S. Y. (2003). Real-Time Automatic Vehicle Management System Using Vehicle Tracking and Car Plate Number Identification. 2003 International Conference on Multimedia and Expo. ICME '03.
4. Gonzalez, R. C., Woods, R. E. (2018). Digital Image Processing. Pearson. URL: <https://www.codecool.ir/extra/2020816204611411Digital.Image.Processing.4th.Edition.www.EBooksWorld.ir.pdf>
5. Khudov, H., Ruban, I., Makoveichuk, O., Pevtsov, H., Khudov, V., Khizhnyak, I. et. al. (2020). Development of methods for determining the contours of objects for a complex structured color image based on the ant colony optimization algorithm. EUREKA: Physics and Engineering, 1, 34–47. doi: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2020.001108>

#### OVERVIEW OF TRUCK WAGON REGISTRATION NUMBER IMAGE PROCESSING METHODS

I. V. ZHUKOVYTSKYI\*, V. V. PASHUK2

<sup>1</sup>\*Dep. «Transport Infrastructure», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail [ivzhukl@gmail.com](mailto:ivzhukl@gmail.com)

<sup>2</sup>Dep. «Transport Infrastructure», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail [nadezdpasuk@gmail.com](mailto:nadezdpasuk@gmail.com)

**Abstract:** The purpose of the review is to study the methods of image processing of the registration number of a vehicle when shooting with a smartphone camera. This will make it possible to further develop your own processing method and improve the quality of the image when determining the registration number of the vehicle.

During the inspection, the following research methods will be studied:

- methods of the theory of image processing;
- methods of probability theory and mathematical statistics;
- methods of morphological analysis;
- methods of system analysis;
- differential calculus methods;
- methods of digital signal processing;
- the mathematical apparatus of matrix theory.

*Keywords:* research, method, number, vehicle, image processing..

#### REFERENCES

1. OSCE Special Monitoring Mission to Ukraine (SMM) Daily Report 11/2022 issued on 18 January 2022. Organization for Security and Co-operation in Europe. URL: <https://www.osce.org/special-monitoring-mission-to-ukraine/510200>
2. Nechepurenko, I., Higgins, A. (2022). In Kazakhstan's Street Battles, Signs of Elites Fighting Each Other. The New York Times. URL: <https://www.nytimes.com/2022/01/07/world/asia/kazakhstan-protests.html>
3. Lee, H., Kim, D., Kim, D., Bang, S. Y. (2003). Real-Time Automatic Vehicle Management System Using Vehicle Tracking and Car Plate Number Identification. 2003 International Conference on Multimedia and Expo. ICME '03.
4. Gonzalez, R. C., Woods, R. E. (2018). Digital Image Processing. Pearson. URL: <https://www.codecool.ir/extra/2020816204611411Digital.Image.Processing.4th.Edition.www.EBooksWorld.ir.pdf>
5. Khudov, H., Ruban, I., Makoveichuk, O., Pevtsov, H., Khudov, V., Khizhnyak, I. et. al. (2020). Development of methods for determining the contours of objects for a complex structured color image based on the ant colony optimization algorithm. EUREKA: Physics and Engineering, 1, 34–47. doi: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2020.001108>

УДК 004.056.53:[004.7:004.032.26]

#### ВИЯВЛЕННЯ АТАК КАТЕГОРІЇ R2L ЗАСОБАМИ SOM В ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІЙ СИСТЕМІ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

В. М. ПАХОМОВА<sup>1\*</sup>, О. О. СУХОМЛИН<sup>2\*</sup>

<sup>1\*</sup>Каф. «Електронні обчислювальні машини», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта [viknikpakh@gmail.com](mailto:viknikpakh@gmail.com), ORCID 0000-0002-0022-099X

<sup>2\*</sup>Каф. «Електронні обчислювальні машини», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта [zyris21211@gmail.com](mailto:zyris21211@gmail.com), ORCID 0009-0006-7928-4721

**Анотація.** Для підвищення ефективності виявлення ситуацій, що пов'язані з можливими вторгненнями в комп'ютерні мережі, які складають основу інформаційно-телекомунікаційної системи залізничного транспорту, на сучасному етапі доречно використання нейромережної технології, що підтверджує актуальність теми. У якості початкових даних використана відкрита база даних NSL-KDD, у якості основного методу дослідження взято самоорганізуючу карту Кохонена. На створеній мовою Python програмній нейронній моделі проведені дослідження точності самоорганізуючої карти Кохонена конфігурації N-M-K, де N – кількість параметрів мережевого трафіку; M – кількість нейронів прихованого шару (шару Кохонена); K – кількість мережевих класів атак категорії R2L (Ftp\_write, Guess\_passwd, Imap, Multihop, Phf, Spy, Warezclient, Warezmaster) та їх відсутність.

*Ключові слова:* залізничний транспорт; інформаційно-телекомунікаційна система; категорія R2L; самоорганізуюча карта Кохонена; параметри якості.

*Вступ.* У потужних інформаційних системах, зокрема в інформаційно-телекомунікаційній системі (ІТС) залізничного транспорту з'являється проблема великого обсягу мережевого трафіку. Для підвищення ефективності виявлення ситуацій, що пов'язані з можливими вторгненнями в комп'ютерні мережі, які складають основу інформаційно-телекомунікаційної системи залізничного транспорту, на сучасному етапі доречно використання нейромережної технології, що підтверджує актуальність теми.

*Метою даної роботи* є виявлення в інформаційно-телекомунікаційній системі залізничного транспорту мережевих атак категорії R2L засобами самоорганізуючої карти Кохонена. Відповідно до мети поставлені наступні завдання: створити програмну модель самоорганізуючої карти Кохонена для визначення мережевих атак категорії R2L; провести дослідження на створеній програмній моделі.

*Методика.* Відомо, що категорія R2L мережевих атак характеризуються отриманням доступу незареєстрованого користувача до комп'ютера з боку віддаленого комп'ютера. До категорії R2L надходять наступні мережеві класи атак: Ftp\_write; Guess\_passwd; Imap; Multihop; Phf; Spy; Warezclient та Warezmaster. У якості початкових даних використана відкрита база даних NSL-KDD [4]. Огляд наукових джерел показав, що виявлення мережевих атак можливе з використанням наступних нейронних мереж: багатшарового перцептрон (Multi Layer Perceptron, MLP); мережі Кохонена або самоорганізуючої карти (Self Organizing Maps, SOM); радіально-базисної мережі (Radial Basis Function Network, RBF), а також нейронечіткої мережі (Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System, ANFIS). У якості основного методу дослідження взято самоорганізуючу карту Кохонена [2].

*Результати та їх обговорення.* У якості засобу обрано мову Python, що надає можливість використання стандартних засобів для створення SOM та її дослідження [3, 5]. Структура створеної програмної моделі, що представлена на рис. 1 [1], потребує використання стандартних складових: MiniSom; Numpy; Matplotlib; JobLib; Pandas.

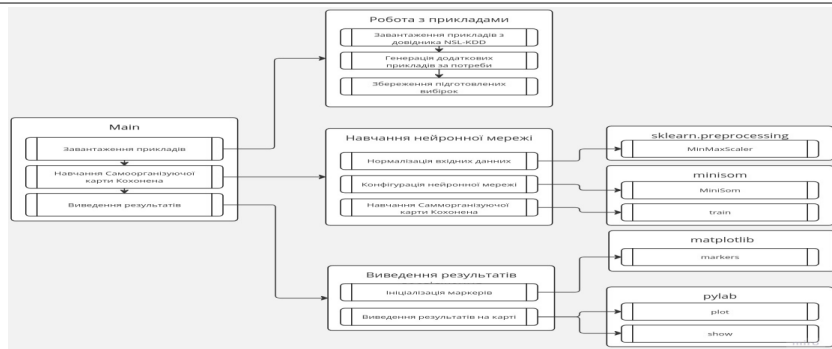


Рисунок 1 - Структура створеної програмної моделі [1]

Крім того, на створеній програмній моделі, в основі якої SOM оптимальної конфігурації, проведені дослідження параметрів якості виявлення мережевих атак категорії R2L: TP (True Positive); TN (True Negative); FP (False Positive); FN (False Negative). Результати цього дослідження зведені до таблиці 1 [1].

Таблиця 1 - Результати дослідження на створеній програмній моделі

Атака	TP	FP	TN	FN	TP, %	FP, %	TN, %	FN, %
Ftp_write	2	19	68	1	2,22	21,11	75,56	1,11
Guess_passwd	0	0	74	16	0,00	0,00	82,22	17,78
Imap	4	0	85	1	4,44	0,00	94,44	1,11
Multihop	8	14	64	4	8,89	15,56	71,11	4,44
Phf	4	1	85	0	4,44	1,11	94,44	0
Spy	1	0	88	1	1,11	0,00	97,78	1,11
Warezclicent	14	4	70	2	15,56	4,44	77,78	2,22
Warezmaster	3	2	72	13	3,33	2,22	80,00	14,44
Normal	11	3	71	5	12,22	3,33	78,89	5,56

**Висновки.** Створену програмну модель на основі використання самоорганізуючої карти Кохонена конфігурації N-M-K, де N – кількість параметрів мережевого трафіку; M – кількість прихованих нейронів шару Кохонена; K – кількість мережевих класів атак можна використати для виявлення мережевих атак категорії R2L в комп'ютерних мережах інформаційно-телекомунікаційної системи залізничного транспорту.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Пахомова В. М., Сухомлин О. О. Дослідження самоорганізуючої карти Кохонена щодо виявлення мережевих атак категорії R2L. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. 2023. № 2(85). С. 203-209. URL: <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2023.2.28>

2. Kohonen T. The self-organizing map. *Proceedings of the IEEE*. № 78(9). 1990. pp.1464-1480.
3. Lincoln Laboratory. *Massachusetts Institute of Technology*: Publications Archive. URL: [https://archive.ll.mit.edu/ideval/docs/detections\\_1999.html](https://archive.ll.mit.edu/ideval/docs/detections_1999.html)
4. NSL-KDD dataset. URL: <https://www.unb.ca/cic/datasets/nsl.html>
5. Pakhomova V., Mehelbei Y. Detection of attacks of the U2R category by means of the SOM on database NSL-KDD. *Системні технології*. Вип. 5 (142). Дніпро. 2022. С. 18-26. URL: <https://journals.nmetau.edu.ua/index.php/st/issue/view/126/99>

## DETECTION OF R2L ATTACKS BY SOM MEANS IN THE INFORMATION AND TELECOMMUNICATION SYSTEM OF RAILWAY TRANSPORT

V. M. PAKHOMOVA<sup>1\*</sup>, O. O. SUKHOMLYN<sup>2</sup>

1\*Dep. «Electronic Computing Machines», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail [viknikpakh@gmail.com](mailto:viknikpakh@gmail.com), ORCID 0000-0002-0022-099X

2Dep. «Electronic Computing Machines», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail [zyris21211@gmail.com](mailto:zyris21211@gmail.com), ORCID 0009-0006-7928-4721

**Abstract:** To increase the efficiency of detecting situations related to possible intrusions into computer networks, which form the basis of the information and telecommunication system of railway transport, at the present stage it is appropriate to use neural network technology, which confirms the relevance of the topic. The open NSL-KDD database was used as the initial data, and the self-organizing Kohonen map was taken as the main research method. On the software neural model created in Python, the accuracy of the self-organizing Kohonen map of the N-M-K configuration was studied, where N is the number of network traffic parameters; M is the number of neurons in the hidden layer (Kohonen layer); K is the number of R2L network attack classes (Ftp\_write, Guess\_passwd, Imap, Multihop, Phf, Spy, Warezclient, Warezmaster) and their absence.

**Keywords:** railway transport; information and telecommunication system; category R2L; self-organizing map of Kohonen; quality parameters.

### REFERENCES

1. Pakhomova, V. M. & Sukhomlyn, O. O. (2023). Doslidzhennya samoorganizuyuchoyi karty Kokhonona shchodo vyyavleniya mrezhevykh atak katehoriyi R2L. *Visnyk Kherson's'koho natsional'noho tekhnichnoho universytetu*. No. 2(85). pp. 203-209. URL: <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2023.2.28> (in Ukrainian)
2. Kohonen, T. (1990). The self-organizing map. *Proceedings of the IEEE*. No. 78(9). pp.1464-1480 (in English)
3. Lincoln Laboratory. *Massachusetts Institute of Technology*: Publications Archive. URL: [https://archive.ll.mit.edu/ideval/docs/detections\\_1999.html](https://archive.ll.mit.edu/ideval/docs/detections_1999.html) (in English)
4. NSL-KDD dataset. URL: <https://www.unb.ca/cic/datasets/nsl.html> (in English)
5. Pakhomova, V. & Mehelbei, Y. (2022). Detection of attacks of the U2R category by means of the SOM on database NSL-KDD. *Systemni tekhnolohiyi*. Vol. 5 (142). Dnipro. pp. 18-26. URL: <https://journals.nmetau.edu.ua/index.php/st/issue/view/126/99> (in English)

УДК 004.056.53:[004.7:004.032.26]

## ВИЯВЛЕННЯ DOS АТАК ЗАСОБАМИ RBF В ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІЙ СИСТЕМІ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

В. М. ПАХОМОВА<sup>1\*</sup>, В. А. МОТИЛЕНКО<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup>Каф. «Електронні обчислювальні машини», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта [viknikpakh@gmail.com](mailto:viknikpakh@gmail.com), ORCID 0000-0002-0022-099X

<sup>2</sup>Каф. «Електронні обчислювальні машини», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта [me@vldm.cc](mailto:me@vldm.cc), ORCID 0000-0003-3337-9945

**Анотація.** Основною метою дослідження є виявлення мережових атак категорії DoS, що характеризується генерацією великого обсягу трафіку, який призводить до перевантаження та блокування сервера, та до складу якої надходять наступні мережові класи атак: Back; Land; Neptune; Pod; Smurf; Teardrop з використанням відкритої бази даних KDDCup на створеній за допомогою мови Rust програмній моделі радіально-базисної мережі конфігурації N-M-K, де N – кількість параметрів мережового трафіку; M – кількість радіально-базисних функцій; K – кількість мережових класів атак категорії DoS для підвищення ефективності виявлення ситуацій, що пов'язані з можливими вторгненнями в комп'ютерні мережі, які складають основу інформаційно-телекомунікаційної системи залізничного транспорту.

*Ключові слова:* залізничний транспорт; інформаційно-телекомунікаційна система; мережева атака; радіально-базисна мережа; Гаусовська функція.

*Вступ.* У потужних інформаційних системах, зокрема в інформаційно-телекомунікаційній системі (ІТС) залізничного транспорту з'являється проблема великого обсягу мережового трафіку. Для підвищення ефективності виявлення ситуацій, що пов'язані з можливими вторгненнями в комп'ютерні мережі, які складають основу інформаційно-телекомунікаційної системи залізничного транспорту, на сучасному етапі доречно використання нейромережної технології, що підтверджує *актуальність теми*.

*Метою даної роботи* є виявлення в інформаційно-телекомунікаційній системі залізничного транспорту мережових атак категорії DoS засобами RBF мережі. Відповідно до мети поставлені наступні завдання: створити програмну модель RBF мережі для визначення мережових атак категорії DoS; провести дослідження на створеній програмній моделі.

*Методика.* Відомо, що мережева категорія DoS характеризується генерацією великого обсягу трафіку, що призводить до перевантаження та блокування сервера. До категорії DoS надходять наступні мережові класи атак: Back; Land; Neptune; Pod; Smurf; Teardrop. У якості початкових даних використана відкрита база даних KDDCup [3]. Огляд наукових джерел показав, що виявлення мережових атак можливе з використанням наступних нейронних мереж: багатопшарового перцептрон (Multi Layer Perceptron, MLP); радіально-базисної мережі (Radial Basis Function Network, RBF); мережі Кохонена або самоорганізуючої карти (Self Organizing Maps, SOM); нейрончїткої мережі (Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System, ANFIS). Мережа RBF виступає не тільки потужним засобом апроксимації нелїнійних функцій

багатьох змінних, але дозволяє виявляти мережеві атаки, оскільки мережа RBF має просту архітектуру та високу швидкість навчання [2, 5]. Мережа RBF складається із вхідного, прихованого (радіально-базисного) і результуючого шарів. Властивості мережі RBF залежать від кількості та положення радіально базисних функцій прихованого шару, крім того, на формування структури мережі RBF впливає також параметр ширини, що в свою чергу потребує проведення додаткових досліджень.

*Результати та їх обговорення.* У якості програмного засобу обрано мову Rust [4], яка орієнтована на безпеку та забезпечує високий паралелізм виконання завдань. Створено програмну нейронну модель, в основу якої покладена мережа RBF конфігурації N-M-K, де N – кількість вхідних нейронів (параметри мережевого трафіку); M – кількість нейронів прихованого шару (кількість радіально-базисних функцій); K – кількість результуючих нейронів (мережеві класи атак для дослідження і Normal) за методом стохастичного градієнтного спуску, у якості функції належності прихованих нейронів взято Гаусовську функцію з використанням наступних вибірок: навчальної (200000 прикладів на кожний кластер); тестувальної (10000 прикладів на кожний кластер); контрольної (100 прикладів на кожний кластер). У якості прикладу на рис. 1 [1] наведені результати дослідження точності та середньоквадратичної похибки RBF за різними довжинами навчальної вибірки.



Рисунок 1 - Точність та похибка RBF при різній кількості навчальних прикладів

Крім того, на створеній програмній моделі проведені дослідження точності та середньоквадратичної похибки мережі RBF за різними епохами навчання та за різною кількістю прихованих нейронів (радіально-базисних функцій). У якості прикладу на рис. 2 [1] наведені результати дослідження точності та середньоквадратичної похибки RBF за різними епохами навчання.

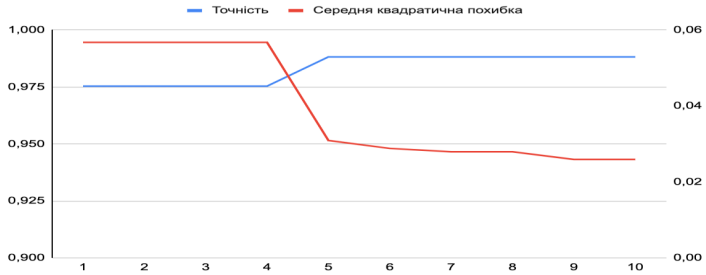


Рисунок 2 - Точність та похибка RBF за різними епохами навчання

**Висновки.** Створену програмну модель на основі використання радіально-базисної мережі конфігурації N-M-K, де N – кількість параметрів мережевого трафіку; M – кількість радіально-базисних функцій; K – кількість мережевих клавіш атаку можна використати для виявлення мережевих атак категорії DoS в комп'ютерних мережах інформаційно-телекомунікаційної системи залізничного транспорту.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Пахомова В. М., Мотиленко В. А. Дослідження можливості використання RBF для визначення Smurf атак на основі бази даних KDDCup. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки*, 2022. Том 33(72). № 6. С. 115-121. DOI: <https://doi.org/10.32872/2663-5941/2022.6/20>
2. Bajer D., Zorić B., Martinović G. Automatic design of radial basis function networks through enhanced different evolution. *Hybrid artificial intelligent systems*: Springer. 2015. pp. 244-256.
3. KDDCup1999Data.URL:<http://kdd.ics.uci.edu/databases/kddcup99/kddcup99.html>
4. Rust: A language empowering everyone to build reliable and efficient software. URL: <https://www.rust-lang.org>
5. Wu Y., Wang H., Zhang B., Du K.-L. Using radial basis function networks for function approximation and classification. *ISRN Applied Mathematics*. 2012. pp. 1-34. DOI:10.5402/2012/324194

#### DETECTION OF DoS ATTACKS BY RBF MEANS IN THE INFORMATION AND TELECOMMUNICATION SYSTEM OF RAILWAY TRANSPORT

V. M. PAKHOMOVA<sup>1\*</sup>, V. A. MOTYLENKO<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup>Dep. «Electronic Computing Machines», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail [viknikpakh@gmail.com](mailto:viknikpakh@gmail.com), ORCID 0000-0002-0022-099X

<sup>2</sup>Dep. «Electronic Computing Machines», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail [me@vldm.cc](mailto:me@vldm.cc), ORCID 0000-0003-3337-9945

**Abstract:** The main purpose of the study is to detect network attacks of the DoS category, which is characterized by the generation of a large amount of traffic, which leads to overload and

blocking of the server, and which includes the following network classes of attacks: Back; Land; Neptune; Pod; Smurf; Teardrop using the open database KDDCup on the program model of the radial-basis network configuration N-M-K created using the Rust language, where N is the number of network traffic parameters; M is the number of radial-basis functions; K is the number of DoS network attack classes to increase the efficiency of detecting situations related to possible intrusions into computer networks, which form the basis of the information and telecommunication system of railway transport.

*Keywords:* railway transport; information and telecommunication system; network attack; radial-baseline network; Gaussian function.

#### REFERENCES

1. Pakhomova, V. M. & Motylenko, V. A. (2022). Doslidzhennya mozlivosti vikoristani RBF dlia viznachenia Smurf atak nah osnovi bazy danich KDDCup. Vceni zapiski tavrisky natsionalnogo university imeni V. I. Vernadskogo. Seria: Technical nauki. Vol. 33(72). No. 6. pp. 115-121. DOI: <https://doi.org/10.32872/2663-5941/2022.6/20> (in Ukrainian)
2. Bajer, D., Zorić, B. & Martinović, G.. (2015). Automatic design of radial basis function networks through enhanced different evolution. *Hybrid artificial intelligent systems*: Springer. pp. 244-256 (in English)
3. KDDCup1999Data.URL:<http://kdd.ics.uci.edu/databases/kddcup99/kddcup99.html> (in English)
4. Rust: A language empowering everyone to build reliable and efficient software. URL: <https://www.rust-lang.org> (in English)
5. Wu, Y., Wang, H., Zhang, B. & Du, K.-L. (2012). Using radial basis function networks for function approximation and classification. *ISRN Applied Mathematics*. pp. 1-34. DOI: 10.5402/2012/324194 (in English)

UDC 378.14.015.62

#### A SUBJECTIVE VIEW OF CURRENT CHALLENGES AND THREATS IN UKRAINIAN EDUCATION

A. A. KOSOLAPOV1\*

1\*Department. "Electronic Computers", Ukrainian State University of Science and Technology, 2 Lazaryana St., Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail kosolapof@i.ua, ORCID - 0000-0001-8878-568X

**Abstract:** The paper considers the peculiarities of digitalization of the educational process in the university, influencing the implementation of the Strategy of development of higher education in Ukraine. The author notes a number of errors in the introduction of information technology in the organization of the educational process, which were encountered earlier in the 90s at the first stages of computerization and internetization. These are violation of the principles of designing and implementation of new programmes and systems, rules of using electronic mail and other irrational approaches. The author tried to warn his young colleagues not to step on the same rake repeatedly.

*Keywords:* Digitalisation of education, risks of innovations, the "well-known rake"

*Introduction and Objectives.* Ukraine is currently implementing the Strategy for the Development of Higher Education until 2032 under difficult conditions [1]. These are military actions and global

processes of improvement of higher education systems in the world. They are largely connected with digitalization and internetization of education. It is known that education is an important factor in successful economic recovery after the war, which is confirmed by the experience of Germany and Japan after the Second World War. In addition, there is a widespread belief that to destroy a country it is enough to destroy its education system. All this speaks to the importance of maintaining a high level of education in our universities in today's environment. Here we must see hidden challenges and threats. My theses are devoted to their analysis.

*Methods.* The proposed conclusions are based on the system analysis of the state and prospects of education development in the university, which was formed during more than 50 years of my work and teaching activity in the IT sphere. Besides, during 20 years we have carried out a number of projects on introduction of Internet technologies in the educational process, designing of the first systems of automated testing of students' knowledge and planning of informatization (now named digitalization) processes in the university on the basis of the created laboratory of information technologies of DIIT.

*Results.* In my opinion, I will outline some negative trends of modern digitalization.

1. The reorganization of university computing centers into a set of distributed servers contradicts the current transition to the creation and successful operation of data processing centers (DPCs). They are used as reliable information storage facilities and a platform for cloud computing. This is relevant in the context of university mergers and consolidation.
2. There are potential risks in using external data warehouses from Amazon, Microsoft and others. In crisis situations, these external clouds can be blocked. There is an obvious need to create a national or regional cloud.
3. Current digitalization paradigms are focused on the preparation and delivery of electronic documents in a form accessible to users without requiring additional processing. Huge Excel spreadsheets without the necessary interactive functions are popular at the university. This is also characteristic of documents sent out with hidden names such as "letter No. 352" and in PDF format. The processing of these documents requires specialized knowledge on the part of the users.
4. The practice of pilot projects with public discussion by experts at the technical council is not used to discuss the project solutions being developed.
5. Excessive bureaucratization of pedagogical activity. A large number of papers and their printed versions instead of 4 pages of the calendar plan are used.
6. The increasing amount of spam, i. e. information messages not needed by the user, complicates the work in the university network in chat rooms and e-mail. Among such messages there may be viruses that lead to the destruction of the organisation's information system (information bomb). This requires a national licensed protection information system.
7. One possible approach to reduce the number of potential risks and mistakes could be the creation of a working group of IT experts and educators. This is a forgotten practice, which is now relevant under conditions of increasing complexity and accelerated development of information processes.

*Conclusions.* Undoubtedly, the author claims the completeness and cogency of the above theses. This is a subjective point of view, stated in order to warn the young generation of managers and scientists about the potential risks of digitalization of universities. The top 11 trends in the development of higher education in the world practice are described in [2].

## REFERENCES

1. STRATEGY OF DEVELOPMENT OF HIGH EDUCATION IN UKRAINE for 2021-2032, <https://mon.gov.ua/storage/app/media/rizne/2020/09/25/rozvitku-vishchoi-osviti-v-ukraini-02-10-2020.pdf>.
2. Bouchrika I. (2023), 11 Top Trends in Higher Education 2023 Data, Insights & Predictions» - Education, Jul 28 (<http://Research.com.html>).

УДК 378.14.015.62

**СУБ'ЄКТИВНИЙ ПОГЛЯД НА СУЧАСНІ ВИКЛИКИ І ЗАГРОЗИ  
В УКРАЇНСЬКІЙ ОСВІТІ**

А. А. КОСОЛАПОВ\*

<sup>1\*</sup>Каф. «Електронних обчислювальних машин», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта kosolapof@i.ua, ORCID – 0000-0001-8878-568X

**Анотація:** У статті розглянуто особливості цифровізації навчального процесу в університеті, що впливають на реалізацію Стратегії розвитку вищої освіти в Україні. Автор відзначає низку помилок у впровадженні інформаційних технологій в навчальному процесі, з якими стикалися ще на початку 90-х років на перших етапах комп'ютеризації та інтернетизації. Це порушення принципів проектування та впровадження нових програм і систем, правил користування електронною поштою та інші нераціональні підходи. Автор намагався застерегти своїх молодих колег від повторного наступання на ті самі «граблі».

*Ключові слова:* цифровізація освіти, ризики новацій, "відомі граблі"

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Стратегія розвитку вищої освіти в Україні на 2021-2032 роки, <https://mon.gov.ua/storage/app/media/rizne/2020/09/25/rozvitku-vishchoi-osviti-v-ukraini-02-10-2020.pdf>.
2. Bouchrika I. (2023), 11 Top Trends in Higher Education 2023 Data, Insights & Predictions» - Education, Jul 28 (<http://Research.com.html>).

УДК 004.94+62

**ВІРТУАЛІЗОВАНІ ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ  
ВИКОНАВЧИМИ МЕХАНІЗМАМИ**А. В. КЛИМЕНКО<sup>1\*</sup>, В. В. АНІСІМОВ<sup>2\*</sup>, В. М. АНІСІМОВ<sup>3\*</sup>

<sup>1\*</sup>Каф. «Конструювання, технічної естетики та дизайну», НТУ "Дніпровська Політехніка", пр. Дмитра Яворницького, 19, Дніпро, Україна, 49005, ел. пошта 03udhtu021990@ukr.net, Scopus: 57190270871

<sup>2\*</sup>Каф. інформаційних систем, Український державний хіміко-технологічний університет, пр. Гагаріна, 8, Дніпро, Україна, 49000, ел. пошта wwwovilon@gmail.com, ORCID 0000-0002-4037-9698

<sup>3\*</sup>Каф. технології машинобудування, Український державний університет науки і технологій,

вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта vn7anisimov@ukr.net, ORCID 0000-0001-5205-9301

**Анотація.** Запропоновано підхід до створення систем керування виконавчими механізмами, в основі якого лежить взаємодія не лише з самим виконавчим механізмом, а і з його моделлю. Даний підхід надає такі переваги, як абстрагування від деталей, точність, віддаленість. Розроблено експериментальний прототип такої системи на базі маніпулятора. Для моделювання використано середовище Unity.

*Ключові слова:* маніпулятор, модель, керування, виконавчий механізм.

*Вступ.* Без цифровізації сьогодні неможливо уявити рух у бік Індустрії 4.0 та Сталого розвитку. Даний мегатренд сигналізує про майбутні тектонічні зміни в області технологій і реального виробництва, оскільки люди і машини будуть працювати у щільній взаємодії один з одним. Машини і устрії будуть мати можливість спілкуватись між собою, поправляти одні одних, самостійно себе ремонтувати та ін. Тому створення дистанційних систем керування в машинобудуванні на базі робототехнічних систем з можливістю спостереження та корекції роботи у реальному часі є актуальною проблемою і має велике практичне значення.

Як приклад, продемонструємо роботу віддаленого маніпулятора, що керується людиною-оператором. Для надання операторові актуальної інформації щодо маніпулятора традиційно може використовуватись відео-камера, що передає зображення від маніпулятора до оператора у реальному часі [1]. Фактично, це дозволяє операторові наблизити відчуття від керування до відчуттів, що виникають при використанні власної кінцівки. Це значно збільшує інтуїтивну складову процесу керування, що, у свою чергу, пришвидшує навчання роботі з маніпулятором та покращує якість керування.

*Результати та їх обговорення.* Сучасні технології можуть дозволити вивести якість взаємодії між зовнішнім оператором та виконавчою системою на новий рівень, наприклад, за рахунок моделювання роботи виконавчого пристрою у реальному часі та надання цієї додаткової інформації оператору. Така інформація може доповнювати те, що оператор бачить на камері, надаючи більш точну інформацію про положення, показуючи розміри, відстані чи підсвічуючи необхідні елементи. Такий підхід має наступні переваги:

- абстрагування від деталей – можна надавати оператору ту інформацію, яка є актуальною на даний момент та приховувати іншу, зайву інформацію;
- точність – за рахунок того, що уся обробка виконується в межах цифрових пристроїв, точність наданої інформації є високою;
- віддаленість – оператор та виконавчий пристрій можуть знаходитись у будь-яких точках земної кулі.

Загальна схема керування виконавчим пристроєм наведена на рисунку 1.

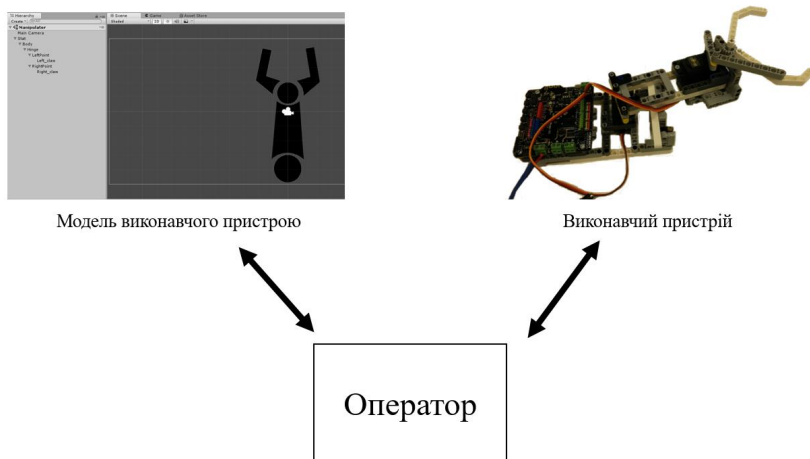


Рисунок 1 – Загальна схема керування виконавчим пристроєм

Розроблено експериментальний зразок за запропонованою схемою, який розглянутий далі.

Для зручного керування периферійними приладами (як то – зчитування даних з датчиків, керування моторами, зміна температури, тощо) використано систему SCADA. Додатково розроблено графічний інтерфейс керування. Запропоновано інтерфейс керування розробити на платформі Unity, яка останнім часом все ширше застосовується не лише для розробки ігор, а й для утворення інтерактивного інтерфейсу різних додатків [2].

Інтерфейс керування виконавчим механізмом наведено на рисунку 2.

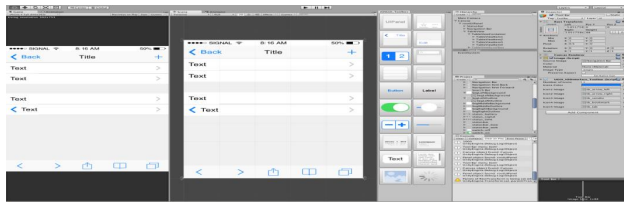


Рисунок 2 – Інтерфейс керування виконавчим механізмом

У подальшому з'явилась необхідність розробити модель виконавчого механізму. Було створено новий 2D проєкт Unity а в ньому – модель маніпулятора. Це дозволило успішно керувати реальним маніпулятором. Приклад побудови моделі маніпулятора в Unity наведена на рисунку 3.

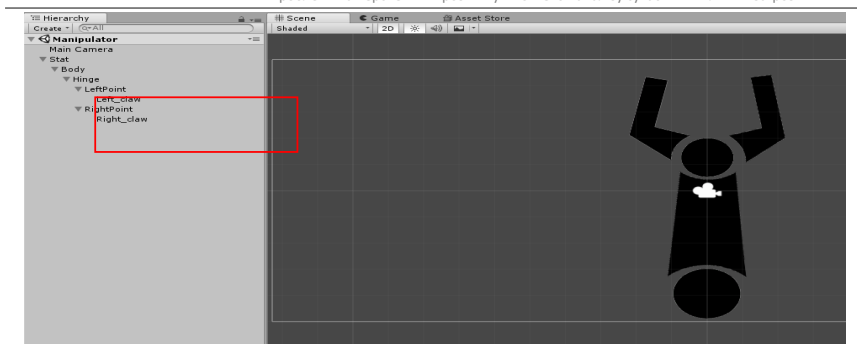


Рисунок 3 – Модель маніпулятора, яка розроблена в Unity

Після побудови моделі було виготовлено безпосередньо сам маніпулятор, загальний вигляд якого наведено на рисунку .

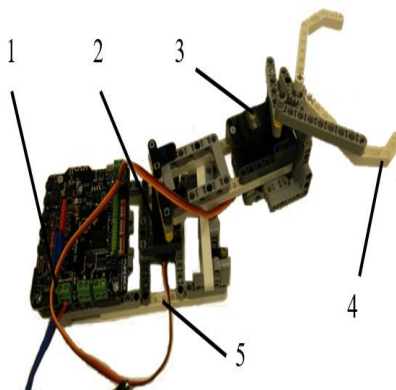


Рисунок 4 – Маніпулятор:

- 1 – мікроконтролер;
- 2 – сервопривід обертального руху;
- 3 – сервопривід захоплювача;
- 4 – захоплювач;
- 5 – основа.

Для активного керування розробленими об'єктами створена відповідна програма мовою C#. Команди, які формуються даною програмою надсилаються і на модель і на реальний маніпулятор. Це візуалізовано на рисунку 5.

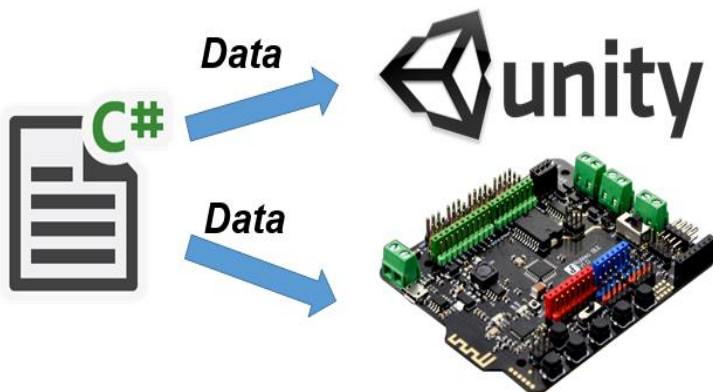


Рисунок 5 – Схема керування моделлю та реальним маніпулятором

Даний підхід є об'єктно-орієнтованим та демонструє можливість віртуалізації у процесах керування виконавчими механізмами. Слід зазначити, що замість взятого у якості виконавчого механізму маніпулятора може бути будь-яка інша система, що підлягає керуванню, будь-то медичне хірургічне обладнання, верстат з числовим програмним керуванням або система паркінгу.

Запропонована інформаційна система може бути використана, наприклад, у машинобудуванні для організації транспортувальних або точних складальних операцій, у технологічних процесах отримання полімерних композиційних матеріалів із заданим комплексом властивостей та у інших галузях промисловості.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ковальов Ю. А., Кошель С. О., Манойленко О. П. Проектування промислових роботів та маніпуляторів, Центр навчальної літератури. – 2019, - 256 с.
2. <https://unity.com>

#### VIRTUALIZED INFORMATION SYSTEMS FOR MANAGEMENT OF EXECUTIVE DEVICES

A. V. KLYMENKO<sup>1\*</sup>, V. V. ANISIMOV<sup>2</sup>, V. M. ANISIMOV<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Dep. «Construction, technical aesthetics and design», NTU " Dnipro Polytechnic ", Dmytro Yavornytskyi ave., 19, Dnipro, Ukraine, 49005, e-mail 03udhtu021990@ukr.net, Scopus: 57190270871

<sup>2</sup>Dep. Informational systems, Ukrainian State University of Chemical Technology, Gagarina ave., 8, Dnipro, Ukraine, 49000, e-mail wwwovilon@gmail.com, ORCID 0000-0002-4037-9698

<sup>3</sup>Dep. engineering technologies, Ukrainian State University of Science and Technology, Lazaryan st., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail vn7anisimov@ukr.net, ORCID 0000-0001-5205-9301

**Abstract:** An approach to the creation of executive mechanism control systems is proposed, which is based on interaction not only with the executive mechanism itself, but also with its model. This approach provides such advantages as abstraction from details, accuracy, remoteness. An experimental prototype of such a manipulator-based system has been developed. The Unity environment was used for modeling.

*Keywords:* manipulator, model, control, executive mechanism.

#### REFERENCES

1. Kovalov Yu. A., Koshel S. O., Manoilenko O. P. Proektuvannia promyslovykh robotiv ta manipulatoriv, Tsentr navchalnoi literatury. – 2019, - 256 s.
2. <https://unity.com>

УДК 623.018.5

### СУЧАСНІ ВИМОГИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВІЙСЬКОВОГО РАДІОЗВ'ЯЗКУ

В. В. СКАЛЬКО<sup>1\*</sup>, В. М. ГОРЯЧКІН<sup>2</sup>, Є. О. ПАНЧЕНКО<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup>Каф. військової підготовки, Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (056) 793 19 09, ел. пошта viktorska66@ukr.net, ORCID 0009-0007-0276-9955

<sup>2</sup>Каф. «Комп'ютерні інформаційні технології», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (056) 793 15 35, ел. пошта vgora@ukr.net, ORCID 0000-0002-8952-952X

<sup>3</sup>Каф. військової підготовки, Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (056) 793 19 09.

**Анотація.** Основною метою дослідження є розробка сучасної системи радіозв'язку, яка передбачає розгортання багаторівневої (наземної, повітряної, космічної) структури і створення єдиного інформаційного простору для Збройних сил України, підрозділів Держспецтрансслужби та інших учасників бойових дій на основі вивчення досвіду та нових підходів до створення військових систем зв'язку в США та НАТО з урахуванням особливостей сучасних бойових дій, вимог до управління військами, розвитку бездротових телекомунікаційних технологій. Для досягнення цієї мети в роботі запропоновано створення чотирирівневої системи зв'язку, яка включає в себе радіомережі низового рівня управління, мережу мобільних базових станцій, повітряну та супутникову мережу. Перевагами використання таких радіомереж для підрозділів Держспецтрансслужби будуть збільшення дальності зв'язку, підвищення захищеності радіомережі та її надійності, зменшення потужності радіостанцій.

**Ключові слова:** військовий радіозв'язок, самоорганізовані радіомережі, багаторівнева система зв'язку, надійність радіомереж, стійкість до засобів радіоелектронної боротьби.

**Вступ.** Досвід ведення бойових дій підрозділами Держспецтрансслужби в складі Сил оборони України під час повномасштабного вторгнення російської федерації виявив ряд суттєвих проблем у сфері організації тактичного (оперативного) зв'язку в ланці управління, а технічні характеристики існуючих засобів військового радіозв'язку не повністю відповідають потребам управління військами в сучасних умовах, в тому числі під час організації взаємодії з підрозділами Збройних Сил України. Це завдає серйозних обмежень у забезпеченні високої мобільності, пропускну здатності, надійності та автоматизації радіозв'язку та організації взаємодії з підрозділами Збройних Сил України.

Основними недоліками існуючої системи радіозв'язку є недостатня мобільність вузлів зв'язку пунктів управління, невідповідність вимогам щодо зв'язності, продуктивності, надійності та розвідзахищеності, недостатня автоматизація процесів встановлення, ведення та підтримки радіозв'язку тощо.

В той же час, наприклад, в США активно розробляють єдину багатofункціональну інформаційно-управляючу систему C4ISR, яка інтегрує функції управління військами, зброєю, розвідкою, радіоелектронною боротьбою, а також зв'язком, навігацією, орієнтуванням та ідентифікацією [1]. Ця система спрямована на зменшення чисельного складу підрозділів при одночасному підвищенні їх бойової ефективності завдяки підвищенню мобільності та інформаційній перевазі над противником.

Військове керівництво НАТО визначило концепцію "мережецентричних військових дій" як один із ключових напрямків своєї діяльності з метою підвищення бойових можливостей об'єднаних збройних сил та підготовки до спільних операцій. Ключовим аспектом концепції є створення розгалужених інформаційно-керуючих мереж, відомих як Network Centric Warfare (NCW) [2], які передбачають ведення військових дій в єдиному інформаційному просторі.

Військова програма США WIN-T (Warfighter Information Network-Tactical) спрямована на створення і розвиток інформаційної мережі для забезпечення зв'язку і обміну даними між різними військовими одиницями та командними пунктами на полі бою. Основна мета цієї програми полягає в поліпшенні зв'язку та обміну інформацією, зокрема, у військових операціях, що включають в себе тактичні та операційні дії.

Другим етапом (з чотирьох) програми WIN-T, є етап спрямований на забезпечення управління зв'язком на зупинках та під час руху військових одиниць з використанням супутникових каналів і широкосмугового багатоканального радіорелейного зв'язку. Однією з ключових особливостей цього етапу є конвергенція мережевих операцій, що спрощує структуру зв'язку та підвищує маневреність військових підрозділів. Основна увага приділяється розробці і застосуванню рухомих (високо мобільних) вузлів зв'язку, командно-штабних машин і комплектів апаратури зв'язку.

Мета даної роботи полягає в дослідженні та розробці сучасної моделі радіозв'язку для підрозділів Збройних Сил України, Держспецтрансслужби та інших учасників бойових дій, яка передбачає розгортання багаторівневої (наземної, повітряної, космічної) структури і створення єдиного інформаційного простору на основі вивчення досвіду та нових підходів до створення військових систем радіозв'язку в США та НАТО і з урахуванням особливостей сучасних бойових дій, вимог до управління військами, розвитку бездротових телекомунікаційних технологій.

**Методика дослідження.** На даний момент, основним методом організації радіозв'язку в тактичній ланці управління є транкінговий зв'язок. З метою розширення зони покриття та забезпечення зв'язності в радіомережах з командирами підпорядкованих військових частин та підрозділів (включаючи батальйони), передбачено використання робот-ретрансляторів.

Важливою проблемою використання засобів зв'язку стандарту Digital Mobile Radio (DMR) є їх низька стійкість до впливу засобів радіоелектронної боротьби (РЕБ). Крім того, наявність всього лише двох голосових каналів для одного ретранслятора та повільна передача даних призводить до низької продуктивності мережі та, відповідно, до низької ефективності обслуговування мобільних абонентів.

Для вирішення цих проблем ультракороткохвильові (УКХ) радіомережі повинні будуватися на сучасних військових радіостанціях з підтримкою завадозахищених режимів роботи, включаючи псевдовипадкове перелаштування робочої частоти, здатність передавати дані високою швидкістю, підтримку технологій множинного доступу до радіоканалу та MANET (Mobile Ad-Hoc Networks).

Такі сучасні режими реалізовані, наприклад, в УКХ радіостанціях Harris та Aselsan, які вже використовуються в Збройних Силах України та у підрозділах Держспецтрансслужби. Проте, застосування такого обладнання не вирішує проблему зв'язку з підрозділами, які діють на великих відстанях один від одного, особливо під час руху та під час логістичного забезпечення підрозділів. Тому існує потреба у розробці нових технічних та архітектурних рішень для побудови мобільної складової системи зв'язку з використанням ретрансляторів [3].

**Результати дослідження.** Застосування досвіду США та НАТО для самоорганізованих радіомереж (Mobile Ad hoc Networks - MANETs) в якості основи побудови перспективної мобільної компоненти тактичної ланки управління є важливим кроком у розвитку комунікаційних систем військових частин.

Така мобільна компонента представляє собою сукупність мереж, які можуть самоорганізовуватися, переміщатися, згортатися та розгортатися в залежності від потреб військових дій Збройних сил України та Держспецтрансслужби. Головною метою її застосування є забезпечення ефективного інформаційного обміну між усіма військовими підрозділами, які діють в тактичній зоні бойових дій, незалежно від їхнього підпорядкування та завдань, які вони виконують. Така мета може бути досягнута за рахунок створення чотирирівневої системи зв'язку, наведеної в табл. 1.

**Висновки.** Використання досвіду США та НАТО для самоорганізованих радіомереж (Mobile Ad hoc Networks - MANETs) в якості основи побудови перспективної мобільної компоненти тактичної ланки управління (ТЛУ) для підрозділів Держспецтрансслужби дозволить суттєво покращити систему військового радіозв'язку.

Забезпечення ефективного інформаційного обміну між усіма військовими підрозділами, які діють в тактичній зоні бойових дій, може бути за рахунок об'єднання у сукупність мереж, починаючи з низового рівня управління і до супутникових мереж, які можуть само організовуватися, переміщатися, згортатися та розгортатися в залежності від потреб військових підрозділів Збройних сил України та Держспецтрансслужби під час підготовки і виконання задач штатного призначення, так і в момент логістичного забезпечення підрозділів.

Основними перевагами використання таких самоорганізованих радіомереж для побудови мобільної компоненти ТЛУ Держспецтрансслужби буде збільшення дальності

радіозв'язку, підвищення надійності радіомережі та її стійкості до засобів РЕБ, зменшення потужності радіостанцій та повної сумісності із засобами зв'язку підрозділів Збройних Сил України.

Таблиця 1

Рівень	Опис	Розмірність мережі	Динаміка топології
Перший	Радіомережі низового рівня управління, солдатські мережі	Сотні абонентів, де кількість вузлів може сягати сотень	Дуже висока, оскільки абоненти постійно рухаються і мережа перебудовується
Другий	Мережа мобільних базових станцій (МБС)	Десятки МБС, кожна з яких повинна обслуговувати близько 200 військовослужбовців та 10-30 бойових машин	Середня, оскільки МБС можуть переміщатися, але їхні зони радіодоступу стабільні на деякий час, можливо розподіл на підмережі
Третій	Повітряна транспортна мережа	Створюються на телекомунікаційних аероплатформах, таких як безпілотні літальні апарати, дрони, гелікоптери, літаки та має динамічну топологію	Динаміка топології може бути високою або низькою, залежно від руху аероплатформ і їхнього розгортання
Четвертий	Супутникова мережа	Зазвичай використовує низькоорбітальну групування супутників	Стабільна топологія, оскільки супутники рухаються по орбітах, але змінюють своє положення вперед із часом

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. S. A. M. Al-Ghamdi, S. A. Al-Dulaimi, and M. S. Al-Jabri. "A survey on C4ISR communication systems." *Journal of Information Security and Applications*, vol. 45, pp. 102-113, 2020.
2. Owens, William J., et al. "Network-Centric Warfare: A New Military Paradigm." RAND Corporation, 1999, 1-100.
3. Міночкін А.І., Романюк В.А. Задачі управління топологією мережі безпілотних літальних апаратів мобільного компоненту мереж зв'язку військового призначення. *Збірник наукових праць № 2. ВІПІ НТУУ „КПІ”*, 2005. – С. 83 - 90.

---

## MODERN REQUIREMENTS AND PROSPECTS OF MILITARY RADIO COMMUNICATION DEVELOPMENT

V. V. SKALKO<sup>1\*</sup>, V. M. HORIACHKIN<sup>2</sup>, E. A. PANCHENKO<sup>3</sup>

1\*Dep. «Military Training of Specialists of the State Special Transport Service», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryan St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 793 19 09, e-mail viktorska66@ukr.net, ORCID 0009-0007-0276-9955  
2Dep. «Computer and Information Technology», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryan St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 373 15 35, e-mail vgora@ukr.net, ORCID 0000-0002-8952-952X  
3Dep. «Military Training of Specialists of the State Special Transport Service», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryan St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 793 19 09.

**Abstract:** The main objective of the study is to develop a modern radio communication system that provides for the deployment of a multilevel (ground, air, space) structure and the creation of a single information space for the Armed Forces of Ukraine, units of the State Special Transport Service and other participants in hostilities, based on the study of experience and new approaches to the creation of military communication systems in the United States and NATO, taking into account the features of modern hostilities, requirements for command and control of troops, and the development of wireless telecommunications technologies. To achieve this goal, the work proposes the creation of a four-level communication system that includes low-level management radio networks, a network of mobile base stations, an air transport network, and a satellite network. The advantages of using such radio networks for the Armed Forces of Ukraine will be an increase in the range of radio communication, an increase in the security of the radio network and its reliability, and a reduction in the power of radio stations.

*Keywords:* military radio communication, self-organizing radio networks, multilevel communication system, reliability of radio networks, resistance to electronic warfare.

### REFERENCES

1. S. A. M. Al-Ghamdi, S. A. Al-Dulaimi, and M. S. Al-Jabri. "A survey on C4ISR communication systems." *Journal of Information Security and Applications*, vol. 45, pp. 102-113, 2020.
2. Owens, William J., et al. "Network-Centric Warfare: A New Military Paradigm." RAND Corporation, 1999, 1-100.
3. Minochkin A.I., Romanyuk V.A. Zadachi upravlinnia topologiyeyu merezhi bezpilotnykh litalnykh aparativ mobilnoho komponentu merezh zv'yazku viyskovoho pryznachennya. *Zbirnyk naukovykh prats*, No. 2, VITI NTUU "KPI", 2005, 83 – 90.

УДК 621.355-043.93

## ФАКТОРИ ВПЛИВУ НА ТРИВАЛІСТЬ СТРОКУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЛІТІЙ-ІОННИХ АКУМУЛЯТОРІВ

С. Ю. БУРЯК<sup>1\*</sup>, О. О. ГОЛОЛОВОВА<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup>Каф. «Автоматика та телекомунікації», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта [ser.buryak@gmail.com](mailto:ser.buryak@gmail.com), ORCID 0000-0002-8251-785x

<sup>2</sup>Каф. «Автоматика та телекомунікації», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта [gololobova\\_oksana@i.ua](mailto:gololobova_oksana@i.ua), ORCID 0000-0003-1857-8196

**Анотація.** Стандартний заряд літій-іонних акумуляторів до максимальної напруги 4,20 В на елемент забезпечує його максимальну продуктивність, оскільки дозволяє користувачеві досягти максимального рівня накопиченої енергії і тим самим забезпечити оптимальний час роботи. Але такий підхід є споживчим і не дозволяє використовувати пристрій протягом тривалого періоду. У той же час в промисловості, на транспорті, в космосі та інших професійних сферах діяльності більш важливою характеристикою є довговічність елементів живлення і тому це стає причиною вибору більш низького порогового значення їх напруги. Крім цього, на експлуатаційні характеристики літій-іонних акумуляторів здійснюють значний вплив температурні умови використання, режими навантаження і глибини розряду. Дане дослідження спрямоване на визначення тривалості життєвого циклу літій-іонних акумуляторів від факторів, які мають на нього найбільш сильний вплив.

*Ключові слова:* літій-іонний акумулятор; деградація; старіння; саморозряд; фактори впливу.

Незважаючи на велику кількість переваг літій-іонних акумуляторів (ЛІА) у порівнянні з іншими хімічними джерелами струму, серед яких висока питома енергія, компактність, легкість і відсутність необхідності технічного обслуговування, проте головний їх недолік полягає в тому, що вони неминуче починають старіти з моменту виробництва. Старіння ЛІА пов'язане з перебігом низки деградаційних процесів усередині них. Швидкість перебігу таких процесів залежить не тільки від зовнішніх факторів, а й від режимів експлуатації. Слід також зазначити, що ЛІА, як і будь-які інші представники подібного роду накопичувачів енергії, не позбавлений такого неприємного явища як саморозряд. Саморозряд ЛІА є важливою та багато в чому визначальною характеристикою для виробництва та експлуатації. Дослідження причин саморозряду ЛІА виявляє великий перелік процесів, що призводять до деградації ємності, причому у багатьох випадках ці процеси протікають одночасно. Виділяють два типи саморозряду ЛІА: саморозряд, у якому втрата ємності може бути зворотно компенсована, і саморозряд, у якому втрата ємності не може бути зворотно компенсована [1].

У якості причини зворотної втрати ємності перш за все спочатку розглядають невідповідність експлуатаційного струму та швидкості електродних реакцій у поточному стані акумулятора. Причина цього явища пов'язана з тим, що всередині акумулятора струм протікає завдяки іонній провідності. Якщо іонна провідність електроліту досить висока і не має особливого значення, то процес переносу іонів всередину електродів акумулятора та

подолання фазового розділу поверхні електрода/електроліту відбувається досить повільно. Тобто при швидкому розряді якась частина іонів не встигає вийти з електрода в електроліт (або ввійти з електроліту в електрод) за час розряду, що обмежує видавану акумулятором ємність. Така втрачена ємність має властивість поступово відновитися за рахунок дифузії іонів в електродах акумулятора.

Незворотна ж втрата ємності викликана наступними процесами: взаємодія електроліту з катодним матеріалом, що призводить до втрати інтеркалованого літію; утворення та ріст твердоелектролітної плівки на графітовому аноді; електроосадження на аноді розчиненого марганцю з позитивного електроду та літію, який взаємодіє з твердоелектролітною плівкою; механічне руйнування негативного електроду та наявність домішок в електроліті, завдяки яким відбувається зв'язування іонів літію в складні розчини. Взаємозв'язок між роботою акумуляторів, їх деградацією та терміном служби складний і недостатньо добре вивчений. Деградація акумуляторів призводить до їх передчасної заміни або виведення з експлуатації, що призводить до негативного впливу на навколишнє середовище, пов'язане з виробництвом та переробкою нових матеріалів для акумуляторів, а також до передчасного завершення терміну служби. Це також спричиняє значні матеріальні витрати, оскільки батареї можуть становити понад 25% вартості продукту для побутової електроніки, понад 35% для електромобілів та понад 50% для електроінструментів [2].

Деградація ЛПА це процес неминучий, що протікає не тільки в акумуляторах, які знаходяться в експлуатації, але і в акумуляторах, що знаходяться на зберіганні. Основні фактори, що впливають на деградацію ЛПА, складаються з багатьох процесів: деградації кристалічної структури позитивного електрода; металізації літію; утворення пасиваційних шарів на електродах; зміни механічних властивостей електродів, викликане змінами об'єму у процесі циклування; витрати придатного для використання літію внаслідок перебігу побічних реакцій; зростання розбалансу електродів та акумуляторів протягом усього терміну служби; зменшення площі активної маси електродів, що бере участь у струмоутворюючих реакціях; втрати активної маси електрода; провідність електрода; корозії елементів акумулятора; зростання внутрішнього опору при циклюванні великими струмами, що призводить до підвищення температури та прискореної деградації; руйнування розчинників органічних електролітів та солей; відшарування активної маси електродів від струмозміначів; хімічного розпаду активної речовини в електродах внаслідок перебігу побічних реакцій; електронної ізоляції активного матеріалу від електроліту; зниження зчеплення між частинками активної маси електродів; усадку або плавлення сепаратора; внутрішніх коротких замикань, викликаних домішками чи зростанням дендритів. Як видно з вищесказаного, зниження ємності та падіння потужності ЛПА є наслідком одночасного протікання ряду процесів, а також їх взаємодії [3-6]. Коли ж постає питання про найбільш впливові чинники, які призводять до найпотужнішої та найшвидшої деградації ЛПА, то відразу слід вказати на вплив напруги заряду. Досягнення значення напруги заряду на позначці 4,2 В відповідає прагненню отримати з акумуляторної чарунки максимум ємності, але в той же час це стає причиною обмеження кількості її циклів. Але зовсім не обов'язково заряджати акумулятори саме до цієї напруги. В таблиці 1 показана ємність як функція рівня заряду, з даних якої випливає, що якщо будь-який літійовий акумулятор щоразу заряджати не до 100%, а до 60%, його термін життя зростає до 2400-4000 циклів, тобто збільшиться фактично в 10 разів. Тут слід також зазначити, що збільшення глибини циклу призводить до збільшення внутрішнього опору літій-іонного

елемента, що також має бути враховано. А от зниження пікової зарядної напруги на 0,1 В на елемент подвоєне термін його служби, при цьому кожні 70 мВ зниження піку зарядної напруги зменшують загальну ємність на 10% [7].

У такому разі постає справедливе питання про те, щоб акумулятори існуючої техніки заряджалися не до максимального значення, а до якогось оптимального, виходячи з умов продовження їх ресурсу і здатності якісно виконувати покладені на них функції та завдання. І в цьому є величезне значення для збереження енергоносія придатним до виконання корисної роботи значно довший час. Але наразі процес заряду літєвого акумулятора протікає таким чином, що спочатку зарядний пристрій забезпечує стабільний струм заряду, при цьому напруга на акумуляторі поступово зростає. Потім, коли напруга досягає максимального значення 4,2 В, вона залишається постійною, а струм знижується, і коли він досягає 5% від номінального, процес заряду вважається закінченим. Виходячи з цього, можна зробити висновок, що для досягнення оптимального ресурсу акумулятора, тобто його можливості накопичити та віддати якомога більше енергії за увесь життєвий цикл, що відповідає певному балансу показників накопиченої енергії та тривалості його життя, слід використовувати такий зарядний пристрій, який здатний виконувати ті ж операції при зарядженні, але для меншого значення максимальної напруги заряджання.

Таблиця 1

Цикли розрядки та ємність залежно від граничної напруги заряду

Рівень заряду, В	Цикли розрядки	Накопичений заряд
4,3	150-250	110-115%
4,25	200-350	105-110%
4,2	300-500	100%
4,15	400-700	90-95%
4,10	600-1000	85-90%
4,05	850-1500	80-85%
4,00	1200-2000	70-75%
3,90	2400-4000	60-65%
3,80	не ефективне використання	35-40%
3,70	не ефективне використання	>30%

Адже, навіть якщо взяти до уваги, що оригінальний зарядний пристрій від виробника, який йде в комплекті до батареї, виконує заряд батареї з розрахунку забезпечення 4,2 В на комірку, то її відключення від живлення, коли заряд буде неповним, ще не означає, що кількість циклів життя акумулятора якимось зміниться. Вся справа в тому, що коли зарядка ще не дійшла до 100%, напруга на акумуляторі вже досягла 4,2 В. Для того, щоб не використовувати ЛПА на межі його можливостей необхідно, щоб зарядний пристрій не подавав на акумулятор напругу вищу за 3,9 В для досягнення 60%, 4,0 В – для 70% і 4,05 В – для 80% зарядки. І тут треба бути обережним, оскільки недозаряджання також може призвести до виходу акумулятора з ладу, оскільки в такому разі відбувається утворення оксидного електроліту на катоді, що може призвести до раптової втрати ємності. З погляду довговічності оптимальна напруга заряду становить 3,92 В/чарунку [7]. Відмінні значення активують процеси утворення плівки на поверхні анода, що складається з атомів літію та називається межею розділу твердого електроліту, при значеннях напруги заряду менших за оптимальну та

стають причиною появи шару оксидного електроду на катоді при значеннях напруги заряду вищих за оптимальну [8, 9].

Подібно до механічного пристрою, який зношується швидше при інтенсивному використанні, глибина розряду визначає кількість циклів роботи акумулятора. Чим менший розряд, тим довше прослужить акумулятор. Потрібно намагатися уникати повної розрядки та частіше заряджати акумулятор між використаннями, оскільки часткова розрядка ЛІА є для нього нормальним процесом. Сприяє цьому і той факт, що ЛІА не має ефекту пам'яті і йому не потрібні періодичні цикли повної розрядки для продовження терміну служби [9, 10].

Також ЛІА піддається великому зносу від дії тепла, так само як і при підтримці високої напруги заряду елемента. Перебування батареї при температурі вище 30°C вважається підвищеною температурою, а для більшості ЛІА напруга вище 4,10 В на елемент вважається високою напругою. Вплив на акумулятор високої температури та перебування в стані повного заряду протягом тривалого часу навіть можуть виявитися деструктивнішими факторами, ніж робота на максимальних можливостях. Втрату ємності в залежності від температури та стану заряду продемонстровано у таблиці 2 [7].

Таблиця 2

Розрахункова ємність, що відновлюється, при зберіганні літій-іонних акумуляторів протягом одного року при різних температурах

Температура, °C	40% заряду	100% заряду
0	98% (за 1 рік)	94% (за 1 рік)
25	96% (за 1 рік)	80% (за 1 рік)
40	85% (за 1 рік)	65% (за 1 рік)
60	75% (за 1 рік)	60% (за 1 рік)

Таким чином, ЛІА неминуче деградують з часом та в процесі використання. Вражаються майже всі компоненти батареї, включаючи анод, катод, електрод, сепаратор та струмозмінювач. Деградації сприяють різні механізми, і ці механізми виявляють особливу чутливість до рівня заряду, глибини розряду, режимів використання та умов зберігання, а також мають істотну залежність від температури і швидкості зарядки/розрядки. Отже, ЛІА можуть прослужити набагато довше, якщо мінімізувати вплив умов, що прискорюють їх деградацію.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Tranter, T. G. Probing Heterogeneity in Li-ion Batteries with Coupled Multiscale Models of Electrochemistry and Thermal Transport Using Tomographic Domains / T. G. Tranter, R. Timms, T. M. M. Heenan, S. G. Marquis, V. Sulzer, A. Jnawali, M. D. R. Kok, C. P. Please, S. J. Chapman, P. R. Shearing // Journal of The Electrochemical Society. 2020; 167(11): 110538. DOI: <https://doi.org/10.1149/1945-7111/aba44b>
2. Woody, Maxwell. Strategies to limit degradation and maximize Li-ion battery service lifetime – Critical review and guidance for stakeholders / Maxwell Woody, Maryam Arbabzadeh, Geoffrey M. Lewis, Gregory A. Keoleian, Anna Stefanopoulou // Journal of Energy Storage. Volume 28, April 2020, 101231. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.est.2020.101231>
3. Groot, J. State-of-Health Estimation of Li-ion Batteries: Cycle Life Test Methods. Goteborg, Division of Electric Power Engineering Department of Energy and Environment Chalmers University Of Technology Publ., 2012. 150 p.

4. Dane, N. Degradation analysis and health monitoring of lithium ion batteries. Maryland, Faculty of the Graduate School of the University of Maryland, 2011. 104 p.
5. Smith, K.. Modeling of Nonuniform Degradation in Large-Format Li-ion Batteries / K. Smith, G.-H. Kim, A. Pesaran // 215th Electrochemical Society Meeting, San Francisco, CA, May 24-29, 2009, San Francisco, CA, 2009. pp. 255. Retrieved from <https://www.nrel.gov/docs/fy09osti/46041.pdf>
6. O’Kane, Simon E. J. Physical Origin of the Differential Voltage Minimum Associated with Lithium Plating in Li-Ion Batteries / Simon E. J. O’Kane, Ian D. Campbell, Mohamed W. J. Marzook, Gregory J. Offer, Monica Marinescu // Journal of The Electrochemical Society, 2020. 167(9):090540. DOI: <https://doi.org/10.1149/1945-7111/ab90ac>
7. Battery University (2021). BU-808: How to Prolong Lithium-based Batteries. Retrieved from <https://batteryuniversity.com/article/bu-808-how-to-prolong-lithium-based-batteries>
8. Seo, G. Rapid determination of lithium-ion battery degradation: High C-rate LAM and calculated limiting LLI / G. Seo, J. Ha, M. Kim, J. Park, J. Lee, E. Park, S. Bong, K. Lee, S. J. Kwon, S.-P. Moon, J. Choi, J. Lee // Journal of Energy Chemistry, 2022. Volume 67, 663-671. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jechem.2021.11.009>
9. Xiong, R. Lithium-Ion Battery Health Prognosis Based on a Real Battery Management System Used in Electric Vehicles / R. Xiong, Y. Zhang, J. Wang, H. He, S. Peng, M. Pecht // IEEE Trans. Veh. Technol, 2019. V 68, I 5, 4110-4121. DOI: <https://doi.org/10.1109/TVT.2018.2864688>
10. Sieg, J. Local degradation and differential voltage analysis of aged lithium-ion pouch cells / J. Sieg, M. Storch, J. Fath, A. Nuhic, J. Bandlow, B. Spier, DU Sauer // Journal of Energy Storage, 2020. 30(1), 101582. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.est.2020.101582>

## FACTORS INFLUENCING THE LIFETIME OF LITHIUM-ION BATTERIES

S. YU. BURIAKI\*, O. O. GOLOLOBOVA2

1\*Dep. «Automatics and Telecommunications», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail [ser.buryak@gmail.com](mailto:ser.buryak@gmail.com), ORCID 0000-0002-8251-785x

2Dep. «Automatics and Telecommunications», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail [gololobova\\_oksana@i.ua](mailto:gololobova_oksana@i.ua), ORCID 0000-0003-1857-8196

**Abstract:** The standard charge of lithium-ion batteries up to a maximum voltage of 4.20 V per element ensures its maximum performance, as it allows the user to reach the maximum level of accumulated energy and ensure optimal working time. But such a consumer approach does not allow you to use the device for a long period of time. At the same time, in industry, in transport, in space and other professional spheres of activity, a more fundamental quality is the durability of power elements, and therefore this becomes a prerequisite for choosing a lower threshold value of their voltage. In addition, the operational characteristics of lithium-ion batteries are significantly influenced by temperature conditions of use, load modes and depth of discharge. This study is aimed at determining the duration of the life cycle of lithium-ion batteries and the factors that have the strongest influence on it.

*Keywords:* lithium-ion battery; degradation; aging; self-discharge; influencing factors.

## REFERENCES

1. Tranter, T. G., Timms, R., Heenan, T. M. M., Marquis, S. G., Sulzer, V., Jnawali, A., Kok, M. D. R., Please, C. P., Chapman, S. J., Shearing, P. R. (2020). Probing Heterogeneity in Li-ion Batteries with Coupled Multiscale Models of Electrochemistry and Thermal Transport Using Tomographic Domains. *Journal of The Electrochemical Society*. 167(11): 110538. DOI: <https://doi.org/10.1149/1945-7111/aba44b> (in English)
2. Woody, Maxwell, Arbabzadeh, Maryam, Lewis, Geoffrey M., Keoleian, Gregory A., Stefanopoulou, Anna. (2020). Strategies to limit degradation and maximize Li-ion battery service lifetime – Critical review and guidance for stakeholders. *Journal of Energy Storage*. Volume 28, April, 101231. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.est.2020.101231> (in English)
3. Groot, J. (2012). *State-of-Health Estimation of Li-ion Batteries: Cycle Life Test Methods*. Division of Electric Power Engineering Department of Energy and Environment Chalmers University Of Technology Publ. (in English)
4. Dane, N. (2011). Degradation analysis and health monitoring of lithium ion batteries. Faculty of the Graduate School of the University of Maryland. (in English)
5. Smith, K., Kim, G.-H., Pesaran, A. (2009). *Modeling of Nonuniform Degradation in Large-Format Li-ion Batteries*. (pp. 255) San Francisco, CA. <https://www.nrel.gov/docs/fy09osti/46041.pdf> (in English)
6. O’Kane, Simon E. J., Campbell, Ian D., Marzook, Mohamed W. J., Offer, Gregory J., Marinescu, Monica. (2020). Physical Origin of the Differential Voltage Minimum Associated with Lithium Plating in Li-Ion Batteries. *Journal of The Electrochemical Society*, 167(9): 090540. DOI: <https://doi.org/10.1149/1945-7111/ab90ac> (in English)
7. Battery University. (2021). *BU-808: How to Prolong Lithium-based Batteries*. Retrieved from <https://batteryuniversity.com/article/bu-808-how-to-prolong-lithium-based-batteries> (in English)
8. Seo, G., Ha J., Kim, M., Park, J., Lee, J., Park, E., Bong, S., Lee, K., Kwon, S. J., Moon, S.-P., Choi, J., Lee, J. (2022). Rapid determination of lithium-ion battery degradation: High C-rate LAM and calculated limiting LLI. *Journal of Energy Chemistry*. Volume 67, 663-671. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jechem.2021.11.009> (in English)
9. Xiong, R., Zhang, Y., Wang, J., He, H., Peng, S., Pecht, M. (2019). Lithium-Ion Battery Health Prognosis Based on a Real Battery Management System Used in Electric Vehicles. *IEEE Trans. Veh. Technol.* V 68, I 5, 4110-4121. DOI: <https://doi.org/10.1109/TVT.2018.2864688> (in English)
10. Sieg, J., Storch, M., Fath, J., Nuhic, A., Bandlow, J., Spier, B., Sauer, DU. (2020). Local degradation and differential voltage analysis of aged lithium-ion pouch cells. *Journal of Energy Storage*, 30(1), 101582. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.est.2020.101582> (in English)

УДК 629.4.053

## АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ЗМЕНШЕННЯ ВПЛИВУ ЛЮДСЬКОГО ФАКТОРУ НА БЕЗПЕКУ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ УПРАВЛІННЯ КРИТИЧНИМИ ОБ'ЄКТАМИ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

О. М. ГОРОБЧЕНКО<sup>1\*</sup>, Г. М. ГОЛУБ<sup>2</sup>, В. І. МАЦЮК<sup>3</sup>, О. В. НЕВЕДРОВ<sup>4</sup>,

<sup>1\*</sup>Каф. «Електромеханіка і рухомий склад залізниць», Державний університет інфраструктури та технологій, вул. Кирилівська, 9, Київ, Україна, 04070, ел. пошта [gorobchenko.a.n@gmail.com](mailto:gorobchenko.a.n@gmail.com), ORCID 0000-0002-9868-3852

<sup>2</sup>Каф. «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології транспорту», Державний університет інфраструктури та технологій, вул. Кирилівська, 9, Київ, Україна, 04070, ел. пошта [golub.galina@ukr.net](mailto:golub.galina@ukr.net), ORCID 0000-0002-4028-1025

<sup>3</sup>Каф. «Транспортні технології та засоби у АПК», Національний університету біоресурсів та природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, Київ, Україна, 03041, ел. пошта [vimatsiuk@gmail.com](mailto:vimatsiuk@gmail.com), ORCID 0000-0003-2355-2564

<sup>4</sup>Каф. «Електромеханіка і рухомий склад залізниць», Державний університет інфраструктури та технологій, вул. Кирилівська, 9, Київ, Україна, 04070, ел. пошта [nvp2020lts@gmail.com](mailto:nvp2020lts@gmail.com), ORCID 0000-0001-9347-0973,

**Анотація.** Основною метою дослідження є аналіз недоліків ергатичних систем на залізничному транспорті та визначення шляхів їх вдосконалення. Проведено аналіз причин виникнення транспортних подій, де вказано, що до 75% порушень пов'язані зі шкідливим впливом людського фактору на процеси керування критичними об'єктами залізничного транспорту. Показано, що в сучасних умовах глобального розвитку теорії та реалізації систем штурманського інтелекту є можливість досягнення такої мети за рахунок адаптації та впровадження інтелектуальних систем керування за залізницях. Можна стверджувати, що зменшення впливу людського фактору на безпеку руху є значним резервом її підвищення. В якості основного об'єкту дослідження обрано ергатичну систему «локомотивна бригада-поїзд», за рахунок вдосконалення якої можливо значно підвищити безпеку та ефективність роботи залізничного транспорту.

*Ключові слова:* залізничний транспорт, безпека, людський фактор, система керування

**Вступ.** Залізнична транспортна система узагальнено складається з технічних і інфраструктурних складових [1] (рухомий склад, колійне господарство, будівлі для обслуговування, системи автоматизації та електроживлення і т.і.); комплексу технічної документації, що визначає правила та технологічні процеси на залізницях; виконавців (навчених людей-операторів, обслуговуючого персоналу, керівного складу). Виходячи з цього можна визначити декілька напрямів підвищення якості функціонування транспортної системи:

- розробка нових технічних рішень з удосконалення інфраструктурних об'єктів, впровадження нового рухомого складу та удосконалення характеристик та якостей існуючих технічних можливостей;

- розробка нових підходів до використання існуючих та перспективних технічних засобів транспорту, створення нових технологічних процесів з покращеними характеристиками ефективності та відмовостійкості;

- підготовка робочого та керівного персоналу, що відповідає сучасним вимогам та структурі залізничних транспортних систем з урахуванням психо-фізіологічних характеристик людини та підвищенням її мотивації.

Зважаючи на те, що Україна зазнала агресії з боку РФ, наразі дуже складно виконати перші два пункти підвищення якості функціонування залізниць. Це пов'язано з обмеженістю коштів на широке впровадження нової сучасної техніки та систем автоматизації.

**Мета.** З вищенаведеного зрозуміло, що у повосенний період важко очікувати в найближчі роки великих витрат на оновлення технічної складової Укрзалізниці. Тож варто зосередитись на вдосконаленні функціонування ергатичних систем на транспорті, тобто на підвищенні ефективності людини-оператора при виконанні своїх обов'язків [2].

**Методика дослідження.** Для досягнення поставленої мети в теперішній час створено сприятливі умови. По-перше на залізницях України добре розвинена інформаційна система. Сучасні технології дозволяють оперативнo отримувати широкий спектр даних і ефективно їх обробляти та приймати відповідні керуючі рішення.

Другим фактором вдосконалення ергатичних систем є глобальний розвиток теорії та реалізації систем штучного інтелекту [3]. За останні роки світова наука має велику кількість позитивних кейсів впровадження таких систем у різних галузях розвитку суспільства і промисловості. на залізницях світу в цьому питанні існує багато рішень і впроваджено низку сучасних систем керування. Але в цілому можна констатувати, що залізниці поки не досягли такого масштабу впровадження систем, що замінюють або допомагають людині у прийнятті керуючих рішень, як можна спостерігати на авіаційному або на автомобільному транспорті. Тому завдання усунення або мінімізації впливу людського фактору на транспортні процеси залізниць є актуальним і може бути вирішено [4,5]

Одним з основних джерел небезпеки на залізницях є ергатична система «локомотивна бригада – поїзд». Машиніст стикається з багатьма задачами, які прагне виконати на рівні свідомості. По мірі придбання позитивного досвіду рішення таких завдань, процес рішення відбувається «автоматично». Зі свідомості зникають процеси збирання інформації і встановлення її відповідності задачі, моменти сумнівів, коливань. Вибір керуючого рішення, зроблений професіоналом, стає механізмом формування професійного досвіду. У небезпечних ситуаціях у машиніста виникають несприятливі стани, пов'язані: з хронічною втомою (сонливість); з особливим функціональним станом, (наприклад, хвороба і навіть алкогольне сп'яніння); з проїздами сигналів; з наїздами на людей і перешкоди; із зіткненнями і сходами поїздів, з конфліктами; з недоліками в організації роботи та навчанні. Готовність локомотивної бригади буде полягати і в тому, що вона вмє боротися з несприятливими станами, використовуючи всі компоненти виконавчих поведінкових актів. Синтез компонентів завершується дією - виконавчим актом, дія закінчується результатом.

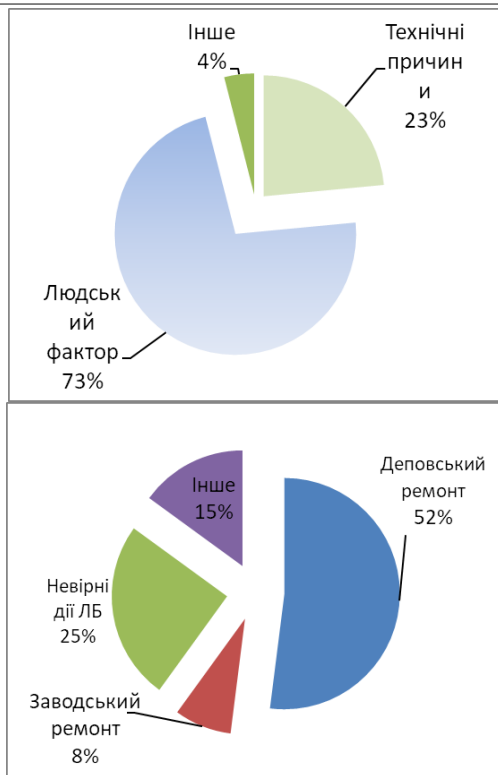


Рис. 1. Розподіл транспортних подій в локомотивному господарстві за причинами

Як свідчить аналіз стану безпеки руху за період з 1996 р. по 2022 р., транспортні події розподіляються наступним чином:

7% припадає на господарство перевезень, більше 31% трапилося у локомотивному господарстві, більше 24% транспортних подій скоїлося у господарстві колії, майже 21% таких подій припадає на вагонне господарство, більше за 5% - на господарство автоматики, телемеханіки і зв'язку, майже 7% транспортних подій скоїлося у господарстві електрифікації та електропостачання,

3% транспортних подій виникло у пасажирському господарстві, більше 1% транспортних подій виникло у комерційному господарстві.

**Результати та їх обговорення.** Основними причинами транспортних подій у локомотивному господарстві є: 23,5% транспортних подій скоїлося з технічних причин, на людський фактор припадає 72,5%. Неякісний деповський ремонт став причиною більше ніж у 52% випадків, неякісний заводський ремонт майже у 8% подій, невірні дії локомотивних бригад були причиною транспортних подій більш ніж у 25%. Несправності основного

обладнання тягового рухомого складу у більше ніж 84% спричинені технічними причинами й майже у 16% - людським фактором.

**Висновки.** Таким чином можна стверджувати, що зменшення впливу людського фактору на безпеку руху є значним резервом її підвищення. В теперішній час системи автоматизованого керування на класичних алгоритмах наблизилась до межі своїх можливостей. Але загальний стан безпеки руху вже декілька років знаходиться на одному рівні (виходячи зі статистики транспортних подій) і не вбачається тенденції до його зниження. Ефективним шляхом виправлення такої ситуації можна вважати впровадження систем керування на основі технологій штучного інтелекту. Перевагами таких систем є здатність приймати керуючі рішення об'єктами транспорту за умов неповної або нечіткої інформації, здатність самонавчатись, аналізувати наслідки керуючих рішень, знаходити і приймати нові керуючі рішення, які не було закладено до початкових сценаріїв роботи і які забезпечують належний рівень безпеки. Тобто використовувати всі переваги людського керування без шкідливих впливів, пов'язаних з психо-фізіологічними особливостями людини, відсутності досвіду або знань.

#### ПОДЯКА

Робота виконана в межах проекту 2022.01/0224 «Розробка наукових засад комплексного підвищення безпеки, ефективності експлуатації та управління критичними об'єктами залізничного транспорту в умовах післявоєнного розвитку України» за конкурсом «Наука на відбудову України у воєнний та повоєнний періоди» за фінансової підтримки НФД України.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

3. Pyrgidis C. N. Railway transportation systems: Design, construction and operation. CRC press, 2016. 461 p.
4. Тартаковський Е. Д., Горобченко О. М., Антонович А. О. Удосконалення процесу керування локомотивом шляхом використання систем підтримки прийняття рішень. Вост.-Європ. журн. передових технологій. 2016. №. 3. С. 4–12 .
5. Jordan M. I. Artificial intelligence—the revolution hasn't happened yet. Harvard Data Science Review. 2019. Т.1. Р. 1-9.
6. Gorobchenko O. et al. Intelligent locomotive decision support system structure development and operation quality assessment 2018 IEEE 3rd International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS). IEEE, 2018. P. 239-243.
7. Gorobchenko O., Nevedrov O. Development of the structure of an intelligent locomotive DSS and assessment of its effectiveness. Archives of Transport. 2020. Т. 56.

#### ANALYSIS OF WAYS OF REDUCING THE INFLUENCE OF THE HUMAN FACTOR ON THE SAFETY AND EFFICIENCY OF MANAGEMENT OF CRITICAL RAILWAY TRANSPORT FACILITIES.

O. M. GOROBCHENKO<sup>1\*</sup>, H. M. HOLUB<sup>2</sup>, V. I. MATSYUK<sup>3</sup>, O. V. NEVEDROV<sup>4</sup>

1\* Dep. "Electromechanics and Railway Rolling Stock", State University of Infrastructure and Technologies, str. Kyrylivska, 9, Kyiv, Ukraine, 04070, e-mail mail gorobchenko.a.n@gmail.com, ORCID 0000-0002-9868-3852

2 Dep. "Automation and computer-integrated transport technologies", State University of Infrastructure and Technologies, str. Kyrylivska, 9, Kyiv, Ukraine, 04070, e-mail mail golub.galina@ukr.net, ORCID 0000-0002-4028-1025

3 Dep. "Transport technologies and facilities in the agricultural sector", National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine, str. Heroiv Oborony, 15, Kyiv, Ukraine, 03041, e-mail mail vimatsiuk@gmail.com, ORCID 0000-0003-2355-2564

4 Dep. "Electromechanics and Railway Rolling Stock", State University of Infrastructure and Technologies, str. Kyrylivska, 9, Kyiv, Ukraine, 04070, e-mail mail nvp2020lts@gmail.com, ORCID 0000-0001-9347-0973.

**Abstract.** The main purpose of the study is to analyze the shortcomings of energy systems in railway transport and to determine the ways of their improvement. An analysis of the causes of transport incidents was carried out, where it was indicated that up to 75% of violations are related to the harmful influence of the human factor on the processes of managing critical objects of railway transport. It is shown that in the modern conditions of the global development of the theory and implementation of artificial intelligence systems, it is possible to achieve such a goal due to the adaptation and implementation of intelligent railway control systems. It can be argued that reducing the influence of the human factor on traffic safety is a significant reserve for its improvement. As the main object of the study, the ergative system "locomotive brigade-train" was chosen, due to the improvement of which it is possible to significantly increase the safety and efficiency of railway transport.

**Key words:** railway transport, safety, human factor, management system

#### REFERENCES

11. Pyrgidis, C. N. (2016). *Railway transportation systems: Design, construction and operation*. CRC press.
12. Tartakovsky, E. D., Gorobchenko, O. M., & Antonovych, A. O. (2016). Improvement of the locomotive control process by using decision support systems. *Eastern Europe journal advanced technologies*, 5(3).
13. Jordan, M. I. (2019). Artificial intelligence—the revolution hasn't happened yet. *Harvard Data Science Review*, 1(1), 1-9.
14. Gorobchenko O. et al. (2018) Intelligent locomotive decision support system structure development and operation quality assessment 2018 IEEE 3rd International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS). IEEE.
15. Gorobchenko, O., & Nevedrov, O. (2020). Development of the structure of an intelligent locomotive DSS and assessment of its effectiveness. *Archives of Transport*, 56.

УДК 004.82

#### БАГАТОПАРАМЕТРИЧНІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ПРОЦЕДУРИ ДІАГНОСТУВАННЯ ЗА НЕПОВНИМИ ТА ЗБУРЕНИМИ ДАНИМИ

В. В. СКАЛОЗУБ<sup>1\*</sup>, В. М. ГОРЯЧКІН<sup>2</sup>, І. А. ТЕРЛЕЦЬКИЙ<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup>Каф. «Комп'ютерні інформаційні технології», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (056) 373 15 35, ел. пошта skalozub.vl.v@gmail.com, ORCID 0000-0002-1941-4751

<sup>2\*</sup>Каф. «Комп'ютерні інформаційні технології», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (056) 373 15 35, ел. пошта vgora@ukr.net, ORCID 0000-0002-8952-952X

<sup>3\*</sup>Каф. «Комп'ютерні інформаційні технології», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (056) 373 15 35, ел. пошта igor.terletskiy.96@gmail.com, ORCID 0000-0001-9187-3955

**Анотація.** В статті представлено підхід щодо розвитку математичних моделей та інтелектуальних процедур багатопараметричної класифікації і діагностування об'єктів за неповними і збуреними даними на основі модифікованої мережі Хеммінга (МХН). Відмінність пропонуєваних моделей і процедур полягає у застосуванні методу редуцції та статистики каппа Коена для формування шаблонів МХН з даними виду коефіцієнтів упевненості,  $CF(A)$ . На основі процедур редуцції та каппа статистики визначається простір класифікації такої розмірності та складу, що забезпечує встановлені ймовірнісні вимоги щодо достовірності результатів для недетермінованих та природомовних об'єктів.

*Ключові слова:* недетерміновані послідовності, багатопараметричні дані, неповнота, неточність, природномовні дані, класифікація, модифікована мережа Хеммінга, процедури редуцції, статистика каппа Коена, достовірність класифікації.

На практиці завдання із планування та керування процесами на основі процедур класифікації і кластеризації за неточно визначених та збурених даних являються досить поширеними. На їх основі виконується також оптимізація потоків замовлень систем обслуговування, сервісних систем, систем оперативного реагування ін. [1]. Складність об'єктів аналізу, неповнота даних, обмеженість часу реалізації вибору тощо призводять до того, що за своїми властивостями дані вважають «розмитими», слабо структурованими, неповністю визначеними, значення яких потребують експертної оцінки. При реалізації потоків таких даних у сервісних системах (С&С) використовують процедури багатопараметричної класифікації/діагностування. Формування інтелектуальних процедур та інформаційної технології з оптимізації потоків у С&С на основі модифікованої мережі Хеммінга (МХН) запропоновано у [1], де вибір керувань виконується шляхом реалізації завдань класифікації. Структурні моделі (1) – (2) процесів вибору раціональних дій показують варіанти формування керувань при багатопараметричних оцінках поточних станів елементів, в тому числі за процедурами діагностування з урахуванням умов невизначеності. Відповідно (1) – (2) будемо представляти крок керування об'єктом як реалізацію послідовностей етапів типу:

$$a) \{ \langle \text{поточний стан} \rangle \rightarrow \langle \text{МД} \rangle \rightarrow \langle \text{шаблон} \rangle \rightarrow \langle \text{розпізнаний шаблон} \rangle \rightarrow \langle \text{дії} \rangle \}, \quad b) \{ \langle \text{стан} \rangle \rightarrow \langle \text{МД} \rangle \rightarrow \langle \text{шаблон} \rangle \rightarrow \langle \text{прогноз} \rangle \rightarrow \langle \text{дії } V(k) \rangle \}. \quad (1)$$

При потребах додатково виконувати операції узагальнення або прогнозування оцінок характеристик для вибору керуючі впливи визначаються так:

$$b) \{ \langle \text{стан} \rangle \rightarrow \langle \text{МД} \rangle \rightarrow \langle \text{шаблон} \rangle \rightarrow \langle \text{прогноз} \rangle \rightarrow \langle \text{дії } V(k) \rangle \}. \quad (2)$$

Структури (1) – (2) показують процес вибору «дії» при невизначеності як функціонування певної системи типу «диспетчерського керування». Відзначається окрема роль компоненту  $\langle \text{МД} \rangle$ , який представляє процедури відображення даних об'єктів аналізу певними моделями – МД. Для формування ефективних структур шаблонів класифікації в роботі використовуються коефіцієнти впевненості  $CF(A)$ . Біполярна схема (3) із визначення показників certainty factors  $CF(A) \in [-1; 1]$ , а також оцінки щодо їх порівняльної ефективності для певних завдань діагностування хворих приведена у [1,6]

$$CF(A, X) = \begin{cases} P(A|X) - P(A) / (1 - P(A)), \\ P(A|X) \geq P(A) \\ (P(A|X) - P(A)) / P(A), \\ P(A|X) < P(A); P(A) \notin \{0, 1\} \end{cases} \quad (3)$$

У (3) позначено:  $P(A|X)$  – умовна, а  $P(A)$  – безумовна ймовірність; -1, якщо посилка/висновок абсолютно невірні; +1 вони повністю достовірні; 0 – немає знань про деяку величину. Характеристики неточних знань, оцінок ступеня упевненості (3), кодуються експертним чином. Вибір моделі представлення знань (3) зумовлений широким вживанням, універсальність і високою точністю результатів функціонування експертних систем, які базувалися на показниках  $CF(X)$  [1,6].

Значимо суттєву відмінність завдань багатопараметричної класифікації даних за неповними та збуреними даними при застосуванні *класичних* моделей мереж Хеммінга (ХМ) від пропонованих нами нових моделей структури даних та процедур модифікованої МНХ. ХМ дозволяють виконувати класифікацію об'єктів (замовлень), якщо властивості щодо достовірності елементів моделей вибору оцінюються значеннями з дискретної множини  $\{-1; +1\}$ . В цій роботі передбачено використання в якості моделей даних неперервних або дискретних нечітких множин ( $\mu_X: X \rightarrow [0; 1]$ ), а також коефіцієнтів впевненості  $CF(A)$ , значення яких визначаються неперервною множиною  $[-1; +1]$ . Також принципово іншою властивістю запропонованих процедур багатопараметричної класифікації являється забезпечення заданих показників щодо достовірності результатів отриманих при цьому класифікації. А саме, в них реалізуються вимоги процедур редукції математичних моделей, які відповідають Методу Граничних Спрощень (МСП) [3], а також статистики «каппа Коена» [5]. На основі МСП встановлюється гранична кількість «по» параметрів моделі регресії (або іншої моделі даних досліджень), перевищення якої приводить до формування таких математичних моделей, що *не забезпечують* результат із встановленою ймовірністю (не відповідність вимог надійності/достовірності результатів та кількості вихідних даних та числа параметрів моделей). Через невідповідність результатів вимогам достовірності для процедур необхідно вибрати не всі, а найбільше суттєві характеристики процесів, причому не більше «по».

Статистичний критерій «каппа Коена», за яким визначається порівняльний рівень «рівнозначності» *результатів* виконання певних процедур, в тому числі співставлень кількох експертних тверджень, використовується таким чином. За статистикою каппа визначається ступінь подібності, оцінка показника каппа, результатів класифікації на основі моделей шаблонів з різним складом або числом параметрів. В разі «подібності» результатів вибору із встановленим ступенем достовірності, передбаченим в [4, 5], визначених за різними моделями-шаблонами, число змінних в моделі первинного набору даних може бути скорочене. При тому необхідно забезпечити (шляхом перебору) вилучення найменше значимих параметрів.

Приведемо умовний приклад постановки завдань класифікації елементів потоків С&С з неточно визначеними та природомовними даними, коли необхідно вибрати найбільш придатного виконавця для множини робіт, що надходять до системи. «Ідеальний» виконавець має характеристики, які визначають ознаки: 1) Пріоритет задачі. 2) Складність задачі. 3) Потрібні навички категорії Н1. 4) Потрібні навички категорії Н2. 5) Має певний фах 6) Має досвід виконавця. 7) Має знання 31. 8) Завантаженість. 9) Навички Н9, ....., 11) Навички контролю. Структура поточних завдань визначається їх шаблонами

Таблиця 1

Приклад моделі шаблонів для завдань класифікації за класами К1 – К4

	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>10</sub>	X <sub>11</sub>
К1	1	0.7	1	0.3	0	1	0.8	0.4	0.8	0.7	0
К2	0.7	0.5	0.8	0.3	0	1	0.4	0.7	0.6	0.3	0
К3	0.4	0.9	0.4	0	0.8	1	0.6	0.5	0.3	0	0.6
К4	0.1	0.2	0	0.8	0	0	0.4	0.6	0	0.5	0

Для вибору К<sub>i</sub>-шаблонів з табл. 1 на мережу МХН необхідно подати вихідний об'єкт, еталон стану або умов вибору керування, наприклад, виду (X<sub>1</sub>=0.9, X<sub>2</sub>=0.75, ..., X<sub>11</sub>=0.3).

Таблиця 2

Цикли процедури скорочення розмірності «шаблонів»

Li / X	X/X <sub>1</sub>	X/X <sub>2</sub>	X/X <sub>3</sub>	X/X <sub>4</sub>	X/X <sub>5</sub>
1 5 5	+	-	+	+	-
2 3 2	+	-	+	-	+
3 1 1	-	+	+	+	+
4 2 3	-	+	+	-	-
5 1 1	+	+	-	+	+
6 2 2	+	+	+	+	-
7 1 2	+	-	-	-	+
8 3 3	-	+	+	+	+

цикл 1    цикл 2

за пріоритетом (Класом): К1 – Задача найвищого пріоритету, складністю вище середнього. К2 – середня складність. К3 – середній пріоритет, але висока складність. К4 – найнижчий пріоритет. Завдання моделі МХН на основі індивідуальних ознак «виконавця», заданих у форматі (X<sub>1</sub>, ..., X<sub>11</sub>) встановити відповідний оптимальний шаблон з К1 – К4.

Схематично процедура формування шаблонів діагностування зі встановленим рівнем достовірності результатів (P<sub>k</sub>) складається з наступного. У процедури P<sub>k</sub> виконується оцінка ступеню подібності результатів класифікації на основі моделей шаблонів з різним числом або складом параметрів. В разі подібності результатів вибору зі встановленим ступенем достовірності, визначених за різними моделями-шаблонами, число змінних в моделі може бути скорочене. Також необхідно забезпечити видалення найменше значимих або «подібних» між собою параметрів. Вихідними даними P<sub>k</sub> і МХН являються закодовані у формі CF(A) вектори ознак, які представляють властивості «шаблонів», варіантів класифікації, а також вектор стану, «Е-еталон».

Цикл скорочення розмірності «шаблонів» виконується таким чином. Нехай число параметрів шаблону на етапі (t) алгоритму дорівнює N(t) > n<sub>0</sub>. При тому N(t=0) = «m», а також відомі кращі рішення для конкуруючих шаблонів рішень розмірності «m». Для кожної змінної із числа N(t) розраховується таке. Із набору змінних шаблонів N(t) та з «еталону» вимог вилучається параметр X<sub>j</sub> (новий вектор шаблону (X/X<sub>j</sub>)); виконується класифікація за НМХ і

визначаються найкращі рішення (один або кілька) для нових (скорочених) шаблонів ( $X/X_j$ ). Перевіряються співпадіння нових результатів класифікації для змінних шаблонів при ( $X/X_j$ ) з попередніми, визначеними для всіх « $m$ » параметрів. При подібності результатів класифікації відповідна порівняльна оцінка множин наборів  $X$  та ( $X/X_j$ ) отримує значення «+», інакше «-». Результати порівняльного аналізу для всіх змінних утворюють таблицю виду табл. 2, в якій стовпці містять дані щодо співпадіння для всіх параметрів моделі (знак «+» при подібності результатів класифікації для наборів параметрів ( $X/X_j$ ) з класами першого стовпця ( $X$ ), знак «-» в протилежному випадку). За даними порівняльного аналізу формується таблиця розбіжностей та статистика «каппа Коена» [4, 5]: для **всіх** пар змінних ((1, 2), (1, 3), ..., (1,  $m$ ), (2, 3), ..., ( $m-1$ ,  $m$ )) виконується розрахунок показника Каппа:

$$K = (P_0 - P_e) / (1 - P_e), \quad (4)$$

де  $P_0$  – ймовірнісна оцінка того, наскільки спостережувана узгодженість краща за випадкову, а  $P_e$  – відображає результат підрахунку максимально можливої узгодженості за винятком випадкової узгодженості конкуруючих тверджень [4, 5].

При виконанні циклу порівняльних розрахунків фіксується **пара змінних**, для якої « $K$ » найбільший, а також його оцінка (в якісному або текстовому/номінальному вигляді) щодо подібності результатів контрольних розрахунків. Якщо рівень показника Каппа (4) відповідає вимогам, одна з змінних цієї пари є зайвою, її властивості представлені в іншій. Тому така змінна може бути вилучена із списку параметрів «шаблонів» та «еталону», відбувається скорочення розмірності параметрів моделі класифікації. Після скорочення числа параметрів моделі необхідно повторити увесь цикл розрахунків до виконання умови (« $m$ » $\leq$   $n_0$ ). Можливі варіанти процедури спрощення моделей, які дають на кроці циклу формування вилучення кількох змінних з шаблонів класифікації.

В табл. 2 приведений приклад застосування  $P_k$  для формування складу параметрів шаблонів моделі МНХ, коли  $n_0=3$ , а попередня розмірність моделі  $N(0)=5 > n_0$ . В табл. 2 позначено:  $L_1$  стовпець «конкуруючих» класів елементів;  $X$  – стовпець найкращих елементів у класі «і» визначений за МНХ;  $X/X_4$  – стовпець найкращих за МНХ елементів у класі «і» при видаленні  $X_4$ . У першому циклі  $P_k$  було встановлено, що найбільше значення (4) відповідає  $K(X_2/X_4) = 0.467$ , (помірний рівень узгодженості [5], видалення  $X_4$ ). Стовпець  $X/X_4$  табл. 2 містить нові значення кращих елементів у класі «і», які визначені за МНХ при скорочених моделях класифікації. У циклі 2  $P_k$  на основі набору  $X/X_4$  розраховане найбільше значення для  $K(X_1/X_5) = 0.5294$  (помірний рівень узгодженості [5], видалення  $X_5$ ). Таким чином, завдання формування шаблонів із встановленими вимогами щодо достовірності при « $m$ » =  $n_0$  = 3 завершено.

Виконані числові розрахунки підтверджують ефективність запропонованої процедури  $P_k$ , яка на основі редукції та каппа статистики дозволяє визначати простір класифікації такої розмірності та складу, що забезпечує встановлені ймовірнісні вимоги щодо достовірності результатів для недетермінованих та природомовних об'єктів.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Скалозуб В. В., Горячкін В. М., Клименко І. В., Терлецький І. А., Терленко А. П. Дослідження процедур мережі хеммінга для управління сервісними системами при неточно визначених і природомовних даних. Наука та прогрес транспорту. 2022. № 3-4 (99-100). С. 33–47. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2022/276411>
2. Великоіваненко Г. І. *Оцінювання рівня економічної безпеки на підрунті відстані Хеммінга*. 2018. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/197269753.pdf>

3. Васильев В. И. Индукция и редукция в проблемах экстраполяции. *Кибернетика и вычислительная техника*. 1998. Вып. 116. С. 65–81.
4. Freitag R. M. Ko. Kappa statistic for judgment agreement in Sociolinguistics / Estatística Kappa para concordância de julgamento em Sociolinguística. *Revista de Estudos da Linguagem*. 2019. Vol. 27, No. 4. P. 1591–1612. DOI: <https://doi.org/10.17851/2237-2083.0.0.1591-1612>
5. Колесник А. С., Хайрова Н. Ф. Обґрунтування використання статистики каппа Коена в експериментальних дослідженнях NLP Text Mining. *Кибернетика та системний аналіз*. Т. 58, № 2. 2022. С. 143–153.
6. Li Min Fu, Shortliffe E. H. The application of certainty factors to neural computing for rule discovery. *IEEE Transactions on Neural Networks*. 2000. Vol. 11. Iss. 3. P. 647–657. DOI: <https://doi.org/10.1109/72.846736>

### MULTI-PARAMETER INTELLIGENT DIAGNOSTIC PROCEDURES FOR INCOMPLETE AND DISTURBED DATA

V. V. SKALOZUB<sup>1\*</sup>, V. M. HORIACHKIN<sup>2\*</sup>, I. A. TERLETSKYI<sup>3\*</sup>

<sup>1\*</sup>Dep. «Computer and Information Technology», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryan St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 373 15 35, e-mail [skalozub.vl.v@gmail.com](mailto:skalozub.vl.v@gmail.com), ORCID 0000-0002-1941-4751

<sup>2\*</sup>Dep. «Computer and Information Technology», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryan St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 373 15 35, e-mail [ygora@ukr.net](mailto:ygora@ukr.net), ORCID 0000-0002-8952-952X

<sup>3\*</sup>Dep. «Computer and Information Technology», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryan St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 373 15 35, e-mail [igor.terletskiy.96@gmail.com](mailto:igor.terletskiy.96@gmail.com), ORCID 0000-0001-9187-3955

**Abstract.** The article presents an approach to the development of mathematical models and intelligent procedures for multiparameter classification and diagnosis of objects based on incomplete and disturbed data based on a modified Hamming network (MHN). The difference between the proposed models and procedures lies in the application of the reduction method and Cohen's kappa statistics for the formation of MHN templates with data type of the certainty factors CF(A). Based on the procedures of reduction and kappa statistics, a classification space of such dimensions and composition is determined that ensures the established probabilistic requirements for the reliability of results for non-deterministic and natural language objects.

**Keywords:** nondeterministic sequences, multiparameter data, incompleteness, inaccuracy, natural language data, classification, modified Hamming network, reduction procedures, Cohen's kappa statistic, classification reliability.

### REFERENCES

1. Skalozub V.V., Goryachkin V.M., Klymenko I.V., Terletsky I.A., Terlenko A.P. Research of Hamming network procedures for managing service systems with imprecisely defined and natural data. *Science and progress of transport*. 2022. No. 3-4 (99-100). P. 33–47. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2022/276411> (in Ukrainian)

2. Velikoivanenko G. I. Evaluation of the level of economic security based on the Hamming distance. 2018. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/197269753.pdf> (in Ukrainian)

3. Vasiliev V. I. Induction and reduction in extrapolation problems. *Cybernetics and computer technology*. 1998. Issue 116. P. 65–81. (in Ukrainian)
4. Freitag R. M. Ko. Kappa statistic for judgment agreement in Sociolinguistics / Estatística Kappa para concordância de judgment em Sociolinguística. *Revista de Estudos da Linguagem*. 2019. Vol. 27, No. 4. R. 1591–1612. DOI: <https://doi.org/10.17851/2237-2083.0.0.1591-1612> (in English)
5. Kolesnyk A. S., Khairova N. F. Justification of the use of Cohen's kappa statistics in experimental studies of NLP Text Mining. *Cybernetics and system analysis*. Vol. 58, No. 2. 2022. P. 143–153. (in Ukrainian)
6. Li Min Fu, Shortliffe E. H. The application of certainty factors to neural computing for rule discovery. *IEEE Transactions on Neural Networks*. 2000. Vol. 11. Iss. 3. P. 647–657. DOI: <https://doi.org/10.1109/72.846736> (in English)

**СЕКЦІЯ 2 «ТЕХНОЛОГІЇ ІНДУСТРІЯ 4.0 В ОСВІТІ ТА ПРОМИСЛОВОСТІ»**

УДК 629.42.083-047.58

**ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ПІДХОДІВ INDUSTRY 4.0 В УПРАВЛІННЯ  
ЛОКОМОТИВНИМ ПАРКОМ ЗАЛІЗНИЦЬ**Б.Є. БОДНАР<sup>1</sup>, О.Б. ОЧКАСОВ<sup>2\*</sup>, В. ПЕТРЕНКО<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Каф. «Локомотиви», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта bodnarz@nz.dit.edu.ua, ORCID 0000-0002-3591-4772

<sup>2</sup>Каф. «Локомотиви», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, , ел. пошта abochkasov@gmail.com, ORCID 0000-0002-7719-7214

<sup>3</sup> Vilnius Gediminas Technical University, Plytinės st. 27, LT-10105, Vilnius, Lithuania, e-mail viaceslav.petrenko@vilniustech.lt, ORCID: 0000-0002-3789-3274

**Анотація.** Проведено огляд основних напрямків впровадження підходів Industry 4.0 в удосконалення організації експлуатації та ремонту локомотивів. Виконано порівняння підходів Industry 3.0 та Industry 4.0, показано основні відмінності та переваги підходів Industry 4.0. Сформульовані перспективні напрямки впровадження підходів Industry 4.0 на залізничному транспорті та в локомотивному господарстві зокрема. Основною метою дослідження є обґрунтувати доцільність впровадження підходів Industry 4.0 в локомотивному господарстві. Авторами обґрунтовано доцільність впровадження систем моніторингу для контролю технічного стану локомотивів. Виконано аналіз видів аномалій та методів виявлення аномальних технічних станів обладнання локомотивів. Приведено приклади використання методів пошуку аномальних технічних станів обладнання локомотивів та використання цифрових двійників для дослідження процесів організації експлуатації та ремонту локомотивів як приклади використання підходів Industry 4.0

*Ключові слова:* Industry 4.0, локомотивне господарство, аномалії, цифровий двійник

Технології Industry 4.0 активно розвиваються та впроваджуються в усіх сферах діяльності людини, не є виключенням і сфера залізничного транспорту. Основними відмінностями технологій Industry 4.0 від підходів Industry 3.0 є використання індивідуальних (персоналізованих) технічних та технологічних рішень. Замість статичних (нездатних швидко перелаштуватись) автоматизованих виробництв відбувається перехід до виробництв які можуть швидко адаптуватись відповідно вимог ринку і виробничих процесів. При впровадженні Industry 4.0 відбувається перехід до Smart («розумних») машин, Smart виробництва, Smart обслуговування.

Smart виробництво передбачає прозорість використання ресурсів та індивідуальне планування всіх етапів виробничого процесу. Smart машини це обладнання яке інтегроване в єдину систему обміну даними з системою планування виробництва, використовує віддалене управління, автоматичний контроль технічного стану обладнання та забезпечує інтелектуальний інтерфейс користувача. Smart обслуговування обладнання передбачає впровадження контролю обладнання в режимі реального часу, віддалене обслуговування,

перехід від планово-попереджувального обслуговування обладнання до обслуговування по умові (Condition based maintenance) та прогнозного обслуговування (Predictive based maintenance).

Ключовими елементами Industry 4.0 є використання технологій інтернету речей (IIoT), використання хмарних технологій, широке використання методів штучного інтелекту та машинного навчання, аналізу великих даних, створення цифрових двійників (Digital Twin). Загальна мета Industry 4.0 - це зробити виробництво більш інтелектуальним, автоматизованим, гнучким та ефективним, щоб підвищити продуктивність, зменшити витрати та поліпшити конкурентоспроможність.

В галузі залізничного транспорту впровадження Industry 4.0 передбачає створення систем моніторингу технічного стану та діагностування обладнання та інфраструктури, що дозволить упереджувати виникнення відмов та прогнозувати обслуговування, що сприятиме підвищенню доступності і надійності обладнання.

Як основні напрями для використання Industry 4.0 при експлуатації локомотивів можна виділити: задачу вибору локомотива та локомотивної бригади для виконання перевезень заданого поїзда заданим маршрутом; вибір місць розташування пунктів зміни локомотивних бригад та технічного обслуговування локомотивів; оптимізація мережі локомотивних депо із поділом депо за видами діяльності; прогнозування необхідної кількості локомотивів та локомотивних бригад для виконання перевезень; планування матеріально-технічного постачання локомотивних депо; скорочення витрат енергоресурсів на тягу поїздів за рахунок удосконалення режимів ведення поїзда.

Для підвищення безпеки руху, зменшення втрат від непланових ремонтів методології прогнозування залишкового ресурсу необхідно використовувати разом із методами управління ризиками. Технології машинного навчання використовують при створенні систем автоматичного ведення поїздів. Такі системи здатні самостійно виявляти перешкоди на шляху спрямування, розпізнавати сигнали світлофорів і положення стрілок, керувати веденням поїзда. Використання технологій машинного навчання при аналізі діагностичних сигналів дозволяє з високою точністю визначити місце виникнення та вид несправності, що може бути використане під час планування та виконання ремонтів рухомого складу.

Впровадження Industry 4.0 в організацію системи утримання локомотивів забезпечує інформаційне забезпечення переходу до системи ремонту локомотивів за фактичним станом (predictive maintenance). Актуальними також є завдання планування завантаження локомотиворемонтних депо, прогнозування програми ремонту локомотивів. Для вирішення цих завдань можуть бути використані методи побудови скорингових та регресійних моделей, методи класифікації, а також методи розв'язання оптимізаційних задач. Базовим етапом переходу до системи обслуговування локомотивів за фактичним станом є використання систем моніторингу технічного стану локомотива. Під моніторингом розуміють процес безперервного спостереження за технічним станом та процесами, що відбуваються в експлуатації локомотива або його вузла. При цьому моніторинг може бути реалізований безперервно під час експлуатації за допомогою вбудованих (бортових) систем контролю, так і періодично при стендових випробуваннях, тестуванні працездатності обладнання тощо.

Поточний рівень розвитку апаратної частини інформаційно-вимірювальних систем дозволяє одночасно контролювати сотні контрольних параметрів обладнання локомотива. При цьому постають питання: що робити з отриманими даними, як використовувати результати

вимірювань? Інформаційна система локомотива генерує значні потоки даних про технічний стан локомотива. Виконання аналізу таких обсягів даних людиною неефективно, так як людина не може виконувати одночасний аналіз зміни значень значної кількості параметрів. В зв'язку з цим, останнім часом почали активно розвиватись системи моніторингу технічного стану обладнання. Ключовою відмінністю систем моніторингу від систем технічного діагностування технічного стану є перехід на реагування на поведінку технічної системи в майбутньому, замість реакції на події які стались в минулому. Тобто, система технічного діагностування може на основі аналізу історії відомих відмов спрогнозувати відповідність поточного технічного стану об'єкту діагностування заздалегідь відомому шаблону певної несправності.

Основним завданням моніторингу є виявлення аномалій у роботі устаткування та сигналізація факту аномального технічного стану. Система моніторингу виконує дві функції: перша - порівняння поточного стану об'єкту моніторингу з відомими шаблонами технічного стану (в тому числі і несправностей); друга функція - виявлення аномальних станів в роботі обладнання. Аномалією у роботі обладнання є поява невідомих на момент вимірювання значень (шаблонів, співвідношень значень) контрольних сигналів наборі даних [1,2].

Поняття аномалія даних тісно пов'язане з такими поняттями як новизна і викид. Відмінність між новизною та аномалією полягає в тому, що аномалія – це поява нетипових ознак у поведінці обладнання під час типових умов експлуатації. Новизна — це поява нових ознак у поведінці устаткування за зміни умов експлуатації, зовнішніх чинників чи інших причин. Новизна, зазвичай, проявляється у результаті принципово нової поведінки об'єкта. На початковому етапі значення, відповідні новизні, розглядатимуться як аномалія, надалі, за допомогою експертів з обслуговування цього типу обладнання, виконується класифікація значень або як аномалія, або нормальний стан.

Дослідники [1,2] виділяють три типи аномалій: точкові, контекстуальні та групові. Точкова аномалія – це аномалія, коли один чи кілька результатів вимірів значно відрізняються від інших результатів вимірів. Як правило, такі аномалії виникають внаслідок збоїв у роботі засобів вимірювання. Наприклад, одноразова втрата сигналу внаслідок впливу зовнішніх електричних завод. Виявлення цього типу аномалій легко виконується за допомогою найпростіших методів виявлення аномалій. Для усунення впливу точкових аномалій на роботу алгоритмів розпізнавання результати вимірювань попередньо обробляються алгоритмами фільтрації (очищаються). Складність очищення даних полягає в тому, що необхідно не допустити видалення даних, що характеризують розвиток несправності.

Контекстуальні аномалії виявляються у невідповідності значень взаємопов'язаних параметрів. Факт аномалії визначається за значенням сигналу датчика, по відповідності сигналу датчика умовам роботи устаткування на даний момент. Наприклад, температура обмотки якоря тягового електродвигуна в певний момент може бути 120°C, при цьому через одну секунду значення температури обмотки не може становити 60°C. Невідповідність полягає у швидкості зміни температури. При цьому значення температури обмотки 60 і 120 С є допустимими з точки зору граничних перевищень.

Колективна аномалія проявляється у взаємозалежних даних. Це результати вимірювань, які вважаються аномаліями під час аналізу одночасно з іншими точками даних. Відхилення значення температури одного буксового вузла від температури інших вузлів буксового локомотива в експлуатації є прикладом колективної аномалії. Аналогічно, відхилення температури повітря, що охолоджує тяговий електродвигун, на виході з одного з тягових

електродвигунів від температури повітря на виході інших двигунів може розглядатися як аномалія. В даний час розроблено значну кількість методів та алгоритмів пошуку аномалій для різних типів даних. Методи пошуку аномалій широко використовуються у різних галузях науки та техніки.

Пошук аномалій у наборі даних, отриманих від датчиків які встановлені на устаткуванні, є класичним завданням, для вирішення якої використовуються модельні методи (Digital twin), методи машинного навчання, методи статистичного аналізу, нейронних мереж та ряд інших [2,3]. Як вихідні дані для пошуку аномалій можуть використовуватися як значення параметрів, без додаткових перетворень, так і значення після додаткової обробки. Прикладом додаткової обробки набору сигналів від датчиків є використання методів зниження розмірності даних для спрощення процесу інтерпретації результатів. Крім використання сигналів датчиків як контрольних величин у ряді робіт використовується поняття індексу технічного стану обладнання (індексу здоров'я обладнання) [4]. Використання індексу технічного стану обладнання дозволяє контролювати технічний стан обладнання в узагальненій формі без прив'язки до конкретних параметрів.

Найбільш поширеними методами виявлення аномалій з використанням підходів машинного навчання є метод опорних векторів для одного класу (OneClassSVM), ізолюючий ліс (Isolation Forest), еліпсоїдальна апроксимація даних (Elliptic Envelope). Також успішно виявлення аномалій використовуються алгоритми кластеризації DBSCAN, k-NN та інших. Всі методи, що розглядаються, відносяться до методів пошуку аномалій без вчителя (unsupervised learning). Завданням всіх способів виявлення аномалій є у відповідь питання, якого класу ставляться аналізовані дані: нормальний чи аномальний. Результати використання авторами unsupervised learning методів для аналізу сигналу нерівномірності обертання валу якоря тягового електродвигуна приведені в роботі [2]. Проведені дослідження підтвердили можливість застосування методів пошуку аномалій для контролю технічного стану тягового електродвигуна локомотива при стендових випробуваннях.

Усі розглянуті методи виявлення аномалій дозволили визначати наявність несправності підшипників та механічної частини двигуна. Розглянуті методи відрізняються різним рівнем чутливості, шириною діапазону відхилень допустимих сигналу. Використання методів виявлення аномалій дозволило визначити наявність відхилень від норми у технічному стані контрольованого вузла або агрегату, при цьому розглянуті методи не дозволяють визначити причину відхилення. Для визначення причини відхилення необхідно виконувати додаткову обробку сигналу частоти обертання з метою виділити додаткові інформаційні ознаки сигналу, а також застосовувати методи машинного навчання з учителем. Одним з елементів Industry 4.0 є створення цифрових двійників (Digital Twin). Цифровий двійник є віртуальною копією процесів реальних фізичних процесів. Цифровий двійник створюється шляхом отримання даних із датчиків IoT, контролерів та інших об'єктів, підключених до мережі Інтернет.

Цифровий двійник локомотивного депо - це віртуальна модель локомотивного депо, призначена для точного відображення технологічних процесів експлуатації та ремонту локомотивів. Досліджуваний об'єкт, локомотивне депо, повинно мати можливість передавати до цифрового двійника інформацію про місця знаходження та експлуатаційну інформацію локомотивів, інформацію про технічний стан кожного з локомотивів, стан завантаження ремонтних та експлуатаційних підрозділів, електронні паспорти обладнання та іншу додаткову

інформацію. Отриманні дані передаються в систему обробки та застосовуються до цифрової копії локомотивного депо.

Отримавши такі дані, до віртуальної цифрової моделі локомотивного депо можна виконувати процес моделювання, вивчення проблем ефективності організації ремонту та експлуатації локомотивного парку, пошуку варіантів можливих покращень, і все це з метою отримання цінної інформації, яку потім можна застосувати до реальних процесів управління депо.

В основу цифрових двійників закладено математичні моделі певних процесів. Різниця між цифровим двійником і моделлю значною мірою залежить від масштабу: у той час як модель зазвичай вивчає один конкретний процес, цифровий двійник сам може запускати будь-яку кількість існуючих моделей для вивчення взаємозв'язку кількох процесів одночасно. Цифровий двійник є віртуальним середовищем, що робить його значно багатшим для вивчення. Цифрові двійники використовують двосторонній обмін інформацією. Спочатку датчики встановлені на об'єкті надають відповідні дані для аналізу, а після обробки результати передаються назад до об'єкту дослідження.

Завдяки кращим і постійно оновлюваним даним, у поєднанні з додатковою обчислювальною потужністю, цифрові двійники дозволяють вивчати більше питань з набагато кращих точок зору, ніж стандартне моделювання. Приклад побудови цифрового двійника ремонтного цеху локомотивного депо проведено в роботі [5]. Результати дослідження дозволили оцінити вплив показників експлуатації та ремонту локомотивів на роботу локомотивного депо для двох різних підходів щодо організації технічного утримання.

Наведені приклади успішного використання підходів Industry 4.0 для удосконалення організації експлуатації та ремонту локомотивів підтверджують подальшу доцільність виконання наукових та науково-практичних робіт в напрямку впровадження підходів Industry 4.0.

1. Paula Almeida Ribeiro, R., Pereira, P., & Gama, J. (2016). Sequential anomalies: a study in the Railway Industry. *Machine Learning*, 105 (1), 127-153. doi:10.1007/s10994-016-5584-6
2. Signal Analysis of the Armature Rotation Irregularities in the Traction Electric Motor by Unsupervised Anomaly Detection Methods / B. Bodnar, O. Ochkasov, V. Serdiuk, M. Ochkasov // *Transport Means 2022 : Proc. of the 26th Intern. Sci. Conf. (05–07 Oct., 2022, Kaunas, Lithuania)*. – Kaunas, 2022. – Pt. II. – P. 761–766.
3. Implementing Intelligent Monitoring of the Technical Condition of Locomotive Hydraulic Transmissions / Boris Bodnar, Oleksandr Ochkasov, Viačeslav Petrenko, Michail Martishevskij // *TRANSBALTICA XIII: Transportation Science and Technology : Proc. of the 13th Intern. Conf., Sept. 15–16, 2022, Vilnius, Lithuania*. – Cham : Springer, 2023. – P. 726–736. – DOI: 10.1007/978-3-031-25863-3\_70. – (Lecture Notes in Intelligent Transportation and Infrastructure).
4. Bodnar, B. Devising a procedure for calculating the technical condition index of locomotive nodes based on monitoring results / Bodnar B., Ochkasov O., Ochkasov M. // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2021. – Vol. 5, Iss. 3 (113). – P. 37–45. – DOI: 10.15587/1729-4061.2021.242478.
5. Simulation of locomotive repair organization by the methods of queue systems theory / B. E. Bodnar, O. B. Ochkasov, E. B. Bodnar, T. S. Hryshechkin, M. V. Ocheretnyuk // *Наука та перспективи транспорту*. – 2018. – № 5. – С. 28–40. – DOI: 10.15802/stp2018/147740.

УДК К 005.932:339.137: 3338.

## ВІЙСЬКОВА ЛОГІСТИКА В ІНДУСТРІЇ 4.0

І. С. ОСТАПЕНКО<sup>1\*</sup>, О. І. ШАПТАЛА<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup>Каф. «Військової підготовки», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, , ел. пошта. [kvpsdsst.department@ust.edu.ua](mailto:kvpsdsst.department@ust.edu.ua) com, ORCID : 0000-0003-2232-7138

<sup>2</sup>Каф. «Військової підготовки», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта [o.i.shaptala@ust.edu.ua](mailto:o.i.shaptala@ust.edu.ua), ORCID: 0000-0003-1675-1450

**Анотація.** В умовах збройної агресії російської федерації проти України виникла нагальна потреба глобальної трансформації економіки а також системного перегляду перебудови логістичної системи із послідуочим науково-обґрунтованим відповідних рекомендацій щодо підвищення її ефективності та адаптивності до умов сучасної невизначеності [1-11]. Вказані виклики зумовили необхідність формувань інноваційних підходів до організації логістичних процесів, потоків і послуг, значенням логістичного сервісу та раціонального управління запасами, поширенню інформаційно-комунікаційних і цифрових технологій [1-11]. Саме тому в умовах воєнного стану, особливості Індустрії 4.0 створюють умови для більшого розвитку ланцюгів поставок, зокрема, Індустрія 4.0 сприяє повній автоматизації та збільшенню інтегрованості ланцюгів поставок. Логістика в Індустрії 4.0 зумовила доцільність дослідження наукового становлення дефініції через еволюцію поняття, розгляд і становлення логістики, як науки, розуміння взаємозалежних складових терміну з метою прогнозування коректної логістичної політики та діяльності зокрема.. Тому на сьогодні важливим питанням для підприємств, інших учасників і структур у тому числі тих які здійснюють свою діяльність у системі АТ Укроборонпрому, і хочуть бути ефективними в стратегічній перспективі, є адаптація своїх ланцюгів поставок під вимоги Індустрії 4.0, що підтверджується дослідженням «Industry 4.0 – Opportunities and Challenges of the Industrial Internet», проведеним Інститутом ринкових досліджень TNS Emnid.

В даній статті досліджено зміни, які можуть статися із основними складовими частинами логістики в Індустрії 4.0: матеріальним потоком, логістичною операцією, логістичною функцією, логістичним ланцюгом постачання, логістичною мережею, у формуванні та функціонуванні власне самої логістичної системи у тому числі військової. Одночасно у роботі на основі застосування сучасних інструментів (1) менеджменту визначені вимоги до перспективної системи логістики Збройних сил України (далі ЗСУ), інших військових формувань із формулюванням відповідного проекту технічного завдання системи логістики у Індустрію 4.0.

*Ключові слова:* система логістики, логістика Збройних Сил України, військова логістика, інструменти логістики, Індустрія 4.0.

**Вступ та мета.** В умовах збройної агресії російської федерації проти України в нашій країні створюється єдина ефективна система логістичного забезпечення, особливою складовою якої

є логістика Збройних Сил України, яка повинна функціонувати відповідно до стандартів НАТО і здатна якісно співпрацювати зі збройними силами інших держав-членів НАТО та Євросоюзу. Тому питання військової логістики, імплементації інновіingu її менеджменту у процес трансформації загальної логістики України, є актуальними та потребують ретельного вивчення.

З метою досягнення стратегічних цілей і виконання основних завдань, щодо впровадження реформ, спрямованих на створення єдиної ефективної системи логістики за стандартами НАТО визначені основні етапи цього складного процесу [1-9]. Також, постановка проблеми зумовлена її актуальністю проведення дослідження, що підтверджується виконанням стратегічної мети щодо імплементації інновіingu сучасного менеджменту у процес трансформації логістики Збройних сил України. Досліджено позитивні напрями розвитку логістичного забезпечення у зв'язку зі зміною концепції логістики в умовах Індустрії 4.0.

**Методика.** Для забезпечення досягнення мети пропонується провести декомпозицію мети доповіді наукового дослідження та частково:

1. Проаналізувати загальний зміст логістики ЗС України, сформулювати питання, що потребують першочергового вирішення.
2. Проаналізувати глобальні тренди розвитку науки і технологій, що можуть бути використані у сучасній військовій логістиці.
3. Визначити на основі застосування Індустрії 4.0, сучасні інструменти менеджменту і вимоги до перспективної системи військової логістики.
4. Дослідити відповідні проекти технічного завдання інновіingu у процес трансформації військової логістики.

**Результати та їх обговорення.** Логістика Індустрії 4.0 привела до впровадження нової сфери в ланцюгах поставок у тому числі матеріально-технічних засобів військового сортименту. Нова сфера застосування означає, що продукти можна відстежувати завдяки процесу прозорості всіх залучених сторін, починаючи від відправлення до кінця життєвого циклу продукту. Завдяки кіберфізичним системам відстежуються логістичні процеси в реальному житті та копіюються у віртуальному світі для децентралізованого процесу прийняття рішень. Саме тому в контексті створення високофункціональної системи логістики у тому числі ЗС України виникає нагальна необхідність у аналізі трендів розвитку науки і технологій у предметній області дослідження:

1. Перехід на цифровий ланцюжок поставок (Логістика Індустрії 4.0) [7-11], який включає процеси: відслідковування рівня запасів в реальному часі; взаємодію споживачів із матеріальними засобами; розташування операторів та обладнання; використання цієї інформації для планування та підвищення рівня продуктивності. Такі технології, як GPS-відстеження, радіочастотна ідентифікація (RFID) [1,3;5], штрих-коди, смарт-мітки, дані визначення місця розташування та бездротові сенсорні мережі, відіграють визначальну роль у цифровому ланцюжку поставок. Потенційні вигоди від повністю реалізованого цифрового ланцюга поставок включають заощадження ресурсів, часу, грошей, а також збільшення прибутку та зниження впливу на навколишнє середовище. (Рисунок 1)



Рисунок 1 . Ключові складові поняття цифрова логістика

2. Передове виробництво у тому числі у АТ Укроборонпрому інших відомчих підприємств з подвійним випуском продукції є ще одним важливим напрямком в логістиці, ключовим аспектом якого є 3D друк. Принтери розташовуються ближче до району виконання завдань, що зменшує вимоги до виробництва, зберігання та зменшує лінії постачання. 3D принтери можуть бути прикріплені до бойових підрозділів від батальйону і вище, або навіть встановлені на певному обладнанні (наприклад, бойовий корабель). Ця децентралізація виробництва запасних частин підвищує мобільність і готовність військ, оскільки вони стають менш залежними від “логістичного хвоста”.

3. Важливим питанням сьогодення і стратегічній перспективі для Збройних сил України, є адаптація своїх ланцюгів поставок під вимоги Індустрії 4.0, що підтверджується дослідженням «Industry 4.0 – Opportunities and Challenges of the Industrial Internet», проведеним Інститутом ринкових досліджень TNS Emnid. Тобто Індустрія 4.0 видозмінює ланцюги поставок з традиційних на «розумні» а вони, у свою чергу, підсилюють загальну систему логістики.

Основними особливостями «розумного» ланцюга поставок є [7]:

1. Прозорість – повна картина ланцюга поставок.
2. Зв'язок – інформація доступна всім учасникам ланцюга поставок одночасно.
3. Співпраця – поглиблена співпраця, щоб відображає внутрішню цінність ланцюга поставок.
4. Гнучкість – зміни в споживчому попиті швидко оцінюються.
5. Відповідність – прийняття рішень у режимі реального часу на різних рівнях планування та виконання; складовими «розумного» ланцюга поставок є інтегроване планування та виконання; значимість логістики, закупівля 4.0, «розумне» складування.
6. Широке використання Збройними силами України іншими військовими формуваннями Сил Оборони автономних транспортних засобів та безпілотних літальних апаратів для вирішення завдань логістики. Автономні транспортні засоби (АТЗ) та безпілотні літальні апарати (БПЛА) дозволяють виконувати логістичні завдання із залученням меншої кількості військовослужбовців, забезпечать підвищення швидкості, точності і пропускну здатності логістики, тим самим значно покращуючи функцію бойових дій. Зазначене неодмінно зменшить бойові втрати серед військовослужбовців особливо безпосередньо в районах бойових дій. Зазначені АТЗ та БПЛА також будуть використовуватись під час розгортання і

переміщення військ у зоні бойових дій, або їх евакуації та можуть служити в гуманітарних місіях і місіях з ліквідації наслідків катастроф [33]. Для забезпечення сумісності з НАТО в інформаційному просторі, науковими установами України та ЗС України ведеться активна робота щодо створення автоматизованих систем управління військами (силами) на базі сучасних рішень типу C4ISR (Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveil, lance and Reconnaissance), в яких функції людини замінюються інтелектуальними системами, навіть в межах прийняття певних рішень.

**Висновки.** Отже система логістичного забезпечення ЗС України повинна бути забезпечена надсучасними автоматизованими системами управління (силами) логістики на базі сучасних рішень а також мати ієрархічні рівні, а саме: від тактичного, оперативного до стратегічного. При цьому логістика стратегічного рівня повинна бути вищою ланкою в системі забезпечення ЗС матеріальними ресурсами. Виходячи з цього, стратегічною метою системи логістичного забезпечення є створення гнучкої, надійної та економічної системи забезпечення ЗС України. Стратегічна мета реалізується через створення перспективної системи особливості якої є поєднання моделі ієрархічно підпорядкованої за вертикаллю – від стратегічного до тактичного рівнів військового управління в ЗС України, із системною логікою, входженням її в ієрархію управління Індустрії 4.0; 5.0. Перспективним напрямком подальших досліджень є вивчення впливу війни на геополітичні процеси, які створюють такі нові формати співпраці, як «френдшоринг» - співробітництво з країнами, що поділяють норми й цінності сучасної глобальної економіки. Це дозволить після припинення бойових дій блискавично відновити роботу в галузі логістики.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Матеріали науково-практичної конференції “Шляхи створення єдиної системи логістики Збройних Сил України за досвідом локальних війн та проведення антитерористичної операції”, 27 червня 2018 р. – К.: НУОУ, 2018.
2. Кривогуз Г. Поняття “Логістика” і його застосування при реформуванні органів управління тилом Збройних Сил України. URL: <http://www.nbuv.gov.ua/node/2116> (дата звернення 30.12.2020).
3. Кивлюк В. С., Клонцак М. Я., Лоза В. М., Шевченко В. В. Вироблення єдиних поглядів щодо створення сучасної державної системи логістики Збройних Сил України. URL: <http://www.nbuv.gov.ua/node/2116> (дата звернення 30.06.2020).
4. Драчук Ю. З., Залознова Ю. С., Трушкіна Н. В. Впровадження логістичних технологій на промислових підприємствах в умовах глобалізації ринку. Теорія та практика регіонального розвитку: колективна монографія / за заг. ред. К.Ф. Ковальчука, Л.М. Савчук. Дніпро: Герда, 2016. С. 379-387.
5. Трушкіна Н. В., Драчук Ю. З., Залознова Ю. С. Логістичні концепції на промисловому підприємстві в умовах глобалізації ринку. Проблеми економіки. 2016. № 3. С. 228-238.
6. Трифонова О. В., Трушкіна Н. В. Управління ризиками логістичної діяльності промислових підприємств. Бізнес Інформ. 2018. № 12. С. 268-274
7. Сигида Л.О., Сагер Л.Ю. Інтегровані «розумні» ланцюги поставок як результат Індустрії 4.0 // Всеукраїнська науково-практична Інтернет-конференція «Логістика майбутнього: ефективні рішення для торгівлі». – м. Київ, 13 березня 2019 р. – С. 123-125.
8. Sandiuk H., Lushpiienko Yu., Trushkina N., Tkachenko I., Kurganskaya E. Special Procedures for Electronic Public Procurement. Journal of Legal, Ethical and Regulatory Issues. 2019.

Vol. 22. Special Issue 2. Business laws and legal rights: research and practice. P. 1-6. URL: <https://www.abacademies.org/articles/special-procedures-for-electronic-public-procurement-1544-0044-22-SI2-351.pdf>.

9. Trushkina N. Transformation of customer relationship management in the digital economy. Digital economy and digital society: monograph / Edited by T. Nestorenko, M. Wierzbik-Stronska; Katowice School of Technology. Katowice: Wydawnictwo Wyższej Szkoły Technicznej w Katowicach, 2019. P. 311-316. 11. Hryhorak M., Trushkina N., Popkowski T., Molchanova K. Digital transformations of logistics customer service business models. Intellectualization of Logistics and Supply Chain Management. 2020. Vol. 1. P. 57-75. DOI: <https://doi.org/10.46783/smartscom/2020-1-6>.

10. Allied Joint Doctrine for logistics (2018). NATO. URL: <https://nso.nato.int/nso/zPublic/ap/PROM/AJP-4%20EDB%20V>

11. Schrauf Stefan. Industry 4.0. How digitization makes the supply chain more efficient, agile, and customer-focused [Електронний ресурс] / Stefan Schrauf, Philipp Bertram. – Режим доступу: <https://www.strategyand.pwc.com/media/file/Industry4.0.pdf>.

## MILITARY LOGISTICS IN INDUSTRY 4.0

I. S. Ostapenko<sup>1\*</sup>, O. I. Shaptala<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup>Caf. "Military Training", Ukrainian State University of Science and Technology, str. Lazaryana, 2, Dnipro, Ukraine, 49010, , e-mail mail. [kvpsdsst.department@ust.edu.ua](mailto:kvpsdsst.department@ust.edu.ua) com, ORCID: 0000-0003-2232-7138

<sup>2</sup> Caf. "Military Training", Ukrainian State University of Science and Technology, str. Lazaryana, 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail mail [o.i.shaptala@ust.edu.ua](mailto:o.i.shaptala@ust.edu.ua), ORCID: 0000-0003-1675-1450

**Abstract.** In the conditions of the armed aggression of the Russian Federation against Ukraine, there was an urgent need for a global transformation of the economy, as well as a systematic review of the restructuring of the logistics system with the subsequent scientifically based recommendations for increasing its efficiency and adaptability to the conditions of modern uncertainty [2-5]. These challenges necessitated the formation of innovative approaches to the organization of logistics processes, flows and services, the importance of logistics service and rational inventory management, the spread of information, communication and digital technologies [1-11]. That is why, in the conditions of martial law, the features of Industry 4.0 create conditions for greater development of supply chains, in particular, Industry 4.0 promotes full automation and increased integration of supply chains. Logistics in Industry 4.0 led to the expediency of studying the scientific development of the definition through the evolution of the concept, consideration and development of logistics as a science, understanding of the interdependent components of the term with the aim of forecasting the correct logistics policy and activities in particular. Therefore, today it is an important issue for enterprises, other participants and structures in including those that carry out their activities in the system of JSC Ukroboronprom, and want to be effective in a strategic perspective, is the adaptation of their supply chains to the requirements of Industry 4.0, which is confirmed by the study "Industry 4.0 - Opportunities and Challenges of the Industrial Internet", conducted by the Institute of Market Research TNS Emnid.

This article examines the changes that may occur to the main components of logistics in Industry 4.0: material flow, logistics operation, logistics function, logistics supply chain, logistics network, in the

formation and functioning of the logistics system itself, including the military one. At the same time, in the work based on the application of modern management tools (1), the requirements for the prospective logistics system of the Armed Forces, other military formations with the formulation of the corresponding project of the technical task of the logistics system in Industry 4.0 are defined.

*Keywords:* logistics system, logistics of the Armed Forces of Ukraine, military logistics, logistics tools, Industry 4.0.

## REFERENCES

1. Materials of the scientific and practical conference "Ways of creating a unified logistics system of the Armed Forces of Ukraine based on the experience of local wars and conducting anti-terrorist operations", June 27, 2018 - K.: NUOU, 2018.

2. Kryvoguz H. The concept of "Logistics" and its application in reforming the rear management bodies of the Armed Forces of Ukraine. URL: <http://www.nbuu.gov.ua/node/2116> (date of application 12/30/2020).

3. Kivlyuk V.S., Klontsak M.Ya., Loza V.M., Shevchenko V.V. Development of unified views on the creation of a modern state logistics system of the Armed Forces of Ukraine. URL: <http://www.nbuu.gov.ua/node/2116> (date of application 06/30/2020).

4. Drachuk Yu. Z., Zaloznova Yu. S., Trushkina N. V. Implementation of logistics technologies at industrial enterprises in conditions of market globalization. Theory and practice of regional development: a collective monograph / by General ed. K.F. Kovalchuk, L.M. Savchuk. Dnipro: Gerda, 2016. P. 379-387.

5. Trushkina N.V., Drachuk Yu.Z., Zaloznova Yu.S. Logistics concepts at an industrial enterprise in conditions of market globalization. Problems of the economy. 2016. No. 3. P. 228-238.

6. Trifonova O.V., Trushkina N.V. Risk management of logistics activity of industrial enterprises. Business Inform. 2018. No. 12. P. 268-274

7. Sygyda L.O., Sager L.Yu. Integrated "smart" supply chains as a result of Industry 4.0 // All-Ukrainian Scientific and Practical Internet Conference "Logistics of the Future: Effective Solutions for Trade". - Kyiv, March 13, 2019 - P. 123-125.

8. Sandiuk H., Lushpienko Yu., Trushkina N., Tkachenko I., Kurganskaya E. Special Procedures for Electronic Public Procurement. Journal of Legal, Ethical and Regulatory Issues. 2019. Vol. 22. Special Issue 2. Business laws and legal rights: research and practice. P. 1-6. URL: <https://www.abacademies.org/articles/special-procedures-for-electronic-public-procurement-1544-0044-22-SI2-351.pdf>.

9. Trushkina N. Transformation of customer relationship management in the digital economy. Digital economy and digital society: monograph / Edited by T. Nestorenko, M. Wierzbik-Stronska; Katowice School of Technology. Katowice: Wydawnictwo Wyższej Szkoły Technicznej w Katowicach, 2019. P. 311-316. 11. Hryhorak M., Trushkina N., Popkowski T., Molchanova K. Digital transformations of logistics customer service business models. Intellectualization of Logistics and Supply Chain Management. 2020. Vol. 1. P. 57-75. DOI: <https://doi.org/10.46783/smartschm/2020-1-6>.

10. Allied Joint Doctrine for logistics (2018). NATO. URL: <https://nso.nato.int/nso/zPublic/ap/PROM/AJP-4%20EDB%20V>.

11. Schrauf Stefan. Industry 4.0. How digitization makes the supply chain more efficient, agile, and customer-focused [Електронний ресурс] / Stefan Schrauf, Philipp Bertram. – Режим доступу: <https://www.strategyand.pwc.com/media/file/Industry4.0.pdf>.

UDC 338.12.15:[658.8]

**RISKS IN THE LOGISTICS SYSTEM OF INDUSTRIAL ENTERPRISES**

WIESŁAW WASZKIELEWICZ<sup>1</sup>,  
DMYTRO KOZENKOV<sup>2</sup>,  
VLADYSLAVA KOZENKOVA<sup>3</sup>

<sup>1</sup> University of Economics and Humanities (Wyższa Szkoła Ekonomiczno-Humanistyczna w Bielsko-Białą), Sikorskiego St., 4-4c, Bielsko-Biała, Poland, 43-300, e-mail [waszkiel@zarz.agh.edu.pl](mailto:waszkiel@zarz.agh.edu.pl)

<sup>2</sup> Department "Management and Administration", Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana, 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail [13managua@gmail.com](mailto:13managua@gmail.com), ORCID 0000-0001-5432-0155

<sup>3</sup> Department "Information Systems and Technologies", Dnipro State Agrarian and Economic University, Serhii Efremov Str., 25, Dnipro, Ukraine, 49600, e-mail [kozenkova.v.d@dsau.dp.ua](mailto:kozenkova.v.d@dsau.dp.ua), ORCID 0000-0003-4159-4610

**Abstract:** The article considers approaches to logistics risk management in the supply chains of metallurgical enterprises. Particular attention is paid to the study of the peculiarities of the formation of the logistics system of metallurgical enterprises, as well as the classification of risks in supply chains. An approach to logistics risk management based on the concept of Supply Chain Event Management is presented.

*Keywords:* risks, logistics system of enterprises, classification of risks in supply chains, risk management in logistics, Supply Chain Event Management.

The functioning of the supply chains of metallurgical companies in the market depends not only on macroeconomic and political factors, but also on the peculiarities of technological and logistical processes, which negatively affects their operational efficiency and the rhythm of material flows. When the production program is complicated and new capacities are put into operation, the problem of adequate logistical support almost always arises. This is due to a change in the topology of the location of production facilities, an increase in the range of products, the instability of the flow, the complication of resource management, a disproportionate increase in errors and overhead costs, etc.

All these factors determine the relevance of this report, the purpose of which is to present a possible classification of logistics risks in the supply chains of metallurgical enterprises and approaches to organizing a system for managing these risks.

Due to the specific features of metallurgical production processes, the logistics infrastructure - intra-plant transport (railway, road and special vehicles for technological transportation) and the topology of the warehouse - plays the most important role in production. The infrastructure directly affects the progress of the production program and the cost of finished products.

Intra-plant logistics of a metallurgical enterprise is characterized by the following parameters:

1) The presence of powerful flows of a large number of heavy loads (iron ore materials, scrap, coal, refractories, rolled products);

2) Large and constant flows of specific cargoes (fire-liquid metal and slag, hot ingots, agglomerate);

3) Relatively less voluminous cargo flow of material and technical resources for the purposes of capital or current repair and construction;

4) Rather large transportation distances (the average size of enterprises is from 5 to 30 km in "cross-section" - several tens and hundreds of kilometers of railway tracks and highways);

5) The variety of used types of transport (types of rolling stock and freight vehicles); a large number and "scattering" of workshops and warehouses (several dozen).

The main factors that cause problems in logistics supply chains may be the following:

1) Disparity of production and logistics infrastructure, deficiencies in the organizational structure of management, insufficient degree of inter-organizational and inter-functional coordination; insufficient level of qualification of workers in the field of logistics;

2) Low level of maturity of information and software, including heterogeneity and fragmentation of process automation;

3) Low level of information management in the supply chain with a wide range of production resources;

4) Unsatisfactory condition, insufficient or outdated equipment of warehouse and transport infrastructure, irrational location of objects;

5) Uneven intensity of material flows, caused mainly by unregulated as external, and internal factors;

6) Strict limitations on the part of production processes, different horizon of planning and level of aggregation of forecasts in the supply chain, long procurement cycle;

7) Fragmented system of controlling, uncoordinated strategic and tactical goals, uncoordinated business rules both between functional divisions and between business units; low degree of integration with suppliers and customers [1,2].

Taking into account existing research in the field of risk management in supply chains (classification of logistics risk factors) and event management in supply chains (classification of risks by nature and consequences), the following classification of logistics risks in supply chains of metallurgical companies is possible [3,4]:

1. By place of occurrence / source of risk in the supply chain:

1.1 Along the contour of the supply chain: risks in the "Upstream" contour; risks in the "Downstream" loop;

1.2. Along the supply chain link: focal company; provider; consumer; logistic intermediary

2. According to the type of processes of the SCOR-model of the supply chain: "Plan"; "Source"; "Make"; "Deliver"; "Return".

3. By type of logistics activity:

3.1. Operational activity in the supply chain: risks in the transportation process; risks in the process of storage and cargo handling; risks in the process of managing order procedures; risks in the management of returnable material flows; risks in providing enterprises with spare parts and life resources; risks in the process of providing local information and computer support for logistics operations.

3.2. Coordination of activities in the supply chain: risks in the process of inventory management; integrated planning and forecasting risks; risks in managing the customer order fulfillment cycle; risks of maintaining logistics service standards; risks in the process of cross-functional and inter-organizational logistics coordination; risks in product life cycle management;

risks of choosing and functioning of a corporate integrated information system in the supply chain; risks of functioning of the unified information space of supply chain counterparties.

4. On the organization of planning and management in the supply chain:

4.1. For the implementation of the Deming management cycle (PDCA cycle) in the supply chain: risks in planning; dispatching, coordination and execution risks; risks in the process of accounting, control and monitoring; risks in analysis and adjustment.

4.2. Along the planning horizon in the supply chain: strategic; tactical; operational

4.3. According to the stages of implementation of strategic and tactical planning of logistics in the supply chain: risks of design/reconfiguration of the logistics network; risks of identification of key logistics business processes in the supply chain; risks of forming the organizational structure of logistics management of the supply chain; risks in the formation of the logistics controlling system; risks of organization of budgeting processes and motivation of logistics service personnel; risks of choosing information and computer support for logistics activities in the supply chain.

The consequences of risk events can be divided into two groups depending on the moment of fixation of the risk event, which can be divided into overt and hidden. Obvious risk events are detected (recorded) immediately after they occur. For example, if a delivery delay is identified at the time of a vehicle breakdown or unplanned delay in the delivery process, measures taken to mitigate the effects of such a risk event can prevent most of the negative effects.

A defect in goods and material values, detected not during the acceptance process at the central warehouse, but at the time of transfer to the production process, can lead to more significant consequences, for example, the deadline for submitting claims to the supplier may pass, there may not be a replacement for the goods in production, and the use of a defective resource in the production process can provoke a deterioration in the quality of finished products, equipment breakdown, etc.

Transport risks can also be divided into primary and secondary, revealing the relationship between them, as well as interdependence when several risk events occur simultaneously in one or another link of the supply chain. The invariance of previous and accompanying events are considered by risk situations, as well as options for response to their occurrence, taking into account the available resources, generate an infinite number of possible results, which are extremely difficult to present in full scale.

The main sources of risks in the supply chains of metallurgical companies are: planning processes, product acceptance processes and supplier discipline, warehousing and cargo processing processes, transportation management.

Another important group of factors affecting logistics risks is insufficient inter-functional coordination, disparate information provision; low level of automation of management tasks; long cycles and low adaptability of the planning system.

From the point of view of the reaction of the supply chain to risk events, it is possible to carry out a quantitative assessment of the susceptibility of the chain to risk events and the effectiveness of management actions in the format of the Perfect Order indicator. The parameters of such an assessment can be: the speed of the management system's response to unplanned events or changes in processes caused by this event; duration of the decision-making cycle; availability - the availability and speed of attracting resources and reserves necessary to prevent the negative impact of events on processes; the expediency of creating reserves related to the reservation of production and logistics capacities; costs (including transaction costs).

When implementing the logistics risk management cycle, the starting point is the identification and assessment of risks. The concept of Supply Chain Event Management (SCEM) is most suitable for solving this task.

In the future, it is necessary to determine the economic consequences of the detected deviations (risk manifestations). In particular, there should be an assessment of the reliability of operations in the supply chain, the consequences of the manifestation of logistical risks and an analysis of the reasons for the deviations of the actual KPI values of logistics from the planned ones.

A. Brandau and J. Tolujevs [5] singled out three approaches to forming the functional structure of SCEM;

- 1) A - monitoring, alerting, modeling, control and measurement;
- 2) B - data gathering, documentation, analysis, decision-making, implementation and training;
- 3) C – monitoring and reporting, identification, reporting, planning and modeling, measurement and controlling.

In the literature devoted to the problem of event management in supply chains, the first approach is the most widespread, and its components are associated as standard components of SCEM, which are present in various ratios and sequences in all approaches:

1. Monitoring is the measurement of important events within the supply chain in real time. In order to provide continuous information, it is necessary to collect data from various applications and databases throughout the supply chain. Events that affect several links (departments) must be correlated, which determines the need for data integration. By comparing the actual status with the defined (planned) status, exceptions can be identified.

2. Notification - if an exception occurs, the "notification" component informs the decision-makers in advance, in real time. This is an important difference from track and trace solutions. These messages can be transmitted through various defined communication channels: e-mails, SMS, depending on the preferences of the person making the decision and the functionality of the IT system. To avoid excessive notifications, companies should clearly define who should be notified.

3. Modeling - this function helps to find alternatives as a response to unforeseen events, generating different scenarios. In order to find the best solution in terms of costs and time and to present all possible options, a SCEM-class system must refer to numerous programs. For example, if it is clear that supplier "A" will not be able to deliver on time, the SCEM system can generate options for the development of events, such as ordering from supplier "B" or sending the products by express delivery with additional costs.

4. Control. This component analyzes and documents the effect of the application of the desired measures on the subsequent processes of the supply chain and allows changes to previously adopted decisions or conditions. Returning to the simulation scenario, urgent delivery is an example of a changed condition.

5. Evaluation. In addition to providing data in real time, it is also necessary to generate data that will serve as an objective basis for the current and future work of the supply chain. In general terms, "assessment" includes qualitative and quantitative assessment, analysis of these data. In most cases, this can be done with defined KPIs throughout the supply chain.

To sum up, it can be noted that most of these components are already part of existing IT solutions for supply chain management.

The innovative core of SCEM lies in its monitoring and notification capabilities that enable real-time proactive decision-making before possible unplanned events.

## REFERENCES

1. Christopher, M. (2011). *Logistics and supply chain management*. Dorchester, Dorset, Financial Times/Prentice Hall.
2. Fettke, P., & Loos, P. (2007). *Reference modeling for business systems analysis*. IGI Global.
3. Suleski, J., & Quirk C. (2001). *Supply Chain Event Management: The Antidote for Next Year's Supply Chain Pain*, AMR Research, Boston
4. *Supply Chain Management: Processes, Partnerships, Performance!* ed. D.M.Lambert (2014). Ponte Vedra Beach, FL.: Supply Chain Management Institute. Supply Chain Council (SCC).
5. Brandau A. & Tolujevs J. (2012). Logistics Event Management – an overview of concepts to interpret logistical real time data // *Proceedings of the 12th International Conference —Reliability and Statistics in Transportation and Communication (RelStat '12)*, 17–20 October 2012, Riga, Latvia, p. 171-178.

УДК 338.24

**ВПРОВАДЖЕННЯ 3D-ТЕХНОЛОГІЇ ДРУКУ ЯК ОДНОГО З ЕТАПІВ  
ТЕХНОЛОГІЧНОГО ЛАНЦЮГА ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ**А.П. ГЕРАСИМЧУК<sup>1\*</sup>, С.В. БОНЧУК<sup>2</sup>, С.Л. НЕГРУБ<sup>3</sup>, В.О. КОВАЛЕНКО<sup>4</sup>

<sup>1\*</sup>ПрАТ «Дніпропетровський агрегатний завод», вул. Щепкіна, 53 Дніпро, Україна, 49052, ел. пошта [gerasimchukua@i.ua](mailto:gerasimchukua@i.ua), ORCID -

<sup>2</sup>Каф. «Технології машинобудування», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта [svfekla235@gmail.com](mailto:svfekla235@gmail.com), ORCID 0009-0007-2841-3658.

<sup>3</sup>Каф. «Технології машинобудування», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта [negrubsvetlana1978@gmail.com](mailto:negrubsvetlana1978@gmail.com), ORCID: 0009-0009-7344-9128.

<sup>4</sup>Каф. «Технології машинобудування», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта [kovalenkovladislav22@gmail.com](mailto:kovalenkovladislav22@gmail.com), ORCID -

**Анотація.** В розділі розглянуто застосування адитивних технологій при виготовленні ливарних заготовок по моделям, що виплавляються, як одного з етапів в проектуванні технологічного процесу виготовлення виробу.

**Ключові слова:** Адитивне виробництво, Additive Fabrication, Additive Manufacturing, Photon M3 Max, виплавлені моделі, заготовка, ливарне виробництво, 3Д друк, пластиковий дріт.

**Вступ.** Additive Fabrication (AF) або Additive Manufacturing (AM) – прийняті в англійській технічній лексиці терміни, що позначають адитивний, тобто «додаванням», метод

отримання виробу (на протипагу традиційним методам механообробки шляхом «віднімання») (subtractive), матеріалу з масиву заготовки). Вони використовуються разом із словосполученням Rapid Prototyping (або RP-технології) – Швидке прототипування, але мають більш загальне значення, що точніше відображає сучасне положення. Можна сказати що Rapid Prototyping в сучасному розумінні є частиною AF- технологій, що «відповідає» за власне прототипування методами пошарового синтезу. AF– або AM- технології охоплюють всі галузі синтезування виробів, чи то прототип, дослідний зразок чи серійний виріб.

Ідеологія адитивних технологій базується на цифрових технологіях, в основі яких лежить цифровий опис виробу, його комп'ютерна модель або так звану CAD-модель. При використанні AF- технологій всі стадії реалізації проекту від ідеї до матеріалізації знаходяться в єдиному технологічному ланцюзі, де кожна технологічна операція також виконується в цифровій CAD\CAM\CAE-системі.

В даний час на ринку існують різні AF-системи, що виробляють моделі за різними технологіями та з різних матеріалів. Проте загальним їм є пошаровий принцип побудови моделі. Особливу роль AF-технології відіграють у модернізації ливарного виробництва, вони дозволили вирішувати завдання, що раніше не вирішувалися, «вирощувати» ливарні моделі та форми, які неможливо виготовити традиційними способами. Радикально скоротилися терміни виготовлення модельної оснастки.

**Мета.** Розглянути існуючі технології, обладнання та матеріали з подальшим впровадженням у сучасне ливарне виробництво заготовок деталей машин.

**Методика.** «Під тиском» глобального розвитку тривимірних CAD/CAM/CAE-технологій сучасне ливарне, і в першу чергу дослідне виробництво зазнає істотної модернізації, яка має на меті створити умови для повноцінної реалізації принципу «безпаперових» технологій протягом усього процесу створення нового виробу – від проектування та розробки CAD-моделі до кінцевого продукту бути невідривною частиною циклу проектування та виготовлення прототипів, дослідних зразків та малих серій виробів різного призначення з широкою номенклатурою матеріалів, що застосовуються. І для цієї мети виробничники оснащуються абсолютно новим для них обладнанням, що дає їм нові можливості для задоволення «капризів» конструкторів, але одночасно вимагають від них освоєння нових знань, змушуючи і технологів, і конструкторів говорити однією 3D-мовою[1].

Давайте більш предметно розглянемо процес створення деталі з нуля з використанням адитивного методу і проведемо порівняння з традиційною технологією.

На першому етапі розробки необхідно проаналізувати вихідні дані, вивчити конструкторське креслення, технологічні вимоги, що пред'являються до деталі та побудувати твердотільну модель (рис. 1). Тут оцінюється, як складна конфігурація деталі, так і її геометрія. Після цього запитуємо себе, які мають бути допуски за точністю та припуски на механічну обробку?



Рисунок 1 – 3Д-модель деталі

Вже на вигляд можна зрозуміти, яким чином ця деталь буде оброблятися. Найчастіше для деталей складної конфігурації – це лиття, потім фрезерування або виготовлення на токарному верстаті. Кожна з цих технологій виробництва має свої допуски та припуски, які необхідно враховувати при розробці.

Після того, як складено попередню технологію обробки, підібрано обладнання та визначено поверхні, на яких деталь базуватиметься при обробці, чи достатньо їх кількість або необхідно розглянути наявність технологічного прибутку визначаються з конфігурацією заготовки.

За результатами першого етапу інженер розпочинає наступний етап – проектування твердотільної моделі заготовки. Розміри заготовки повинні враховувати припуск на подальшу механічну обробку. Також потрібно підкреслити, що матеріал заготовки, і матеріали, з яких виготовлятимуть форму або модель, можуть мати усадку, яку необхідно враховувати при розробці розмірів 3Д-моделі заготовки (рис.2).

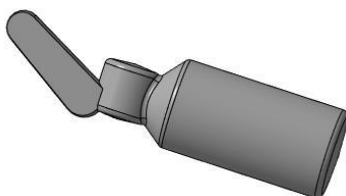


Рисунок 2 - Заготовка під 3Д-друк.

На наступному етапі традиційний спосіб виготовлення деталі передбачає виготовлення оснастки для лиття по моделях, що виплавляються на верстаті з ЧПУ. В цьому випадку форма для моделі повинна бути адаптована під верстат, зі своїми допусками, ухилами, заокругленнями, таким чином, щоб її можна було виготовити з урахуванням можливостей обладнання та інструментів, за допомогою яких деталь вироблятиметься (рис.3.).

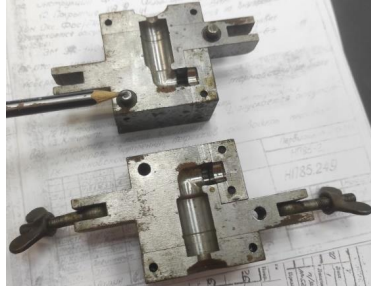


Рисунок 3 – Традиційна металева форма під восківку

Але є і другий шлях – 3D-друк, який є ідеальним рішенням для прототипування та виготовлення литих заготовок на етапі розробки або невеликими серіями. Ключова перевага адитивних технологій – можливість створювати вироби максимально складної форми (у тому числі з найдрібнішими деталями), які важко зробити традиційними методами. Наприклад, коли потрібен прототип для відпрацювання конфігурації заготовки, його можна надрукувати в одиничному екземплярі на 3D принтері із пластику, як модель, що виплавляється. Якщо необхідний не один робочий прототип, а мала серія – від 10 до 100 виробів, використовується лиття у пластикову форму. Для цього модель заготовки використовується як еталон, за яким буде створюватися форма, в яку потім заливається пластик або віск.

**Результати та їх обговорення.** Розглянемо етапи створення форми для заливання воском із застосуванням адитивної технології на конкретній деталі типу «важіль».

Розроблена форма для отримання воскової моделі поділяється на дві половини, нижню та верхню напівматриці. Загальна форма, що складається з двох половин, замикається та стягується болтовими з'єднаннями. Потім до неї, через спеціально передбачений отвір, подається віск, який набуває форми внутрішньої геометрії виробу (рис.4).

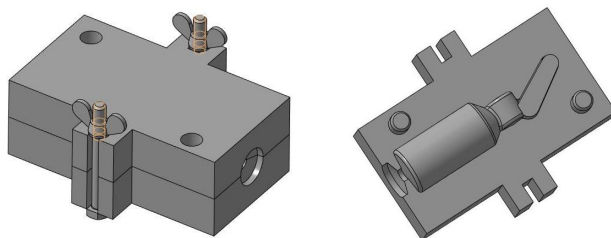


Рисунок 4 – 3D-модель складання форми для восківки

При традиційному виробництві на верстаті з ЧПУ послідовно виточували б зовнішню та внутрішню форму кожної половини. Мало того, що вона б довго виготовлялася, вона була б з урахуванням механічної обробки ще й недоцільно дорогою для невеликої партії деталей.

Тому, вигода 3D-друку очевидна, в даному випадку як обладнання застосуємо 3D принтер Anycubic Photon M3 Max (рис.5). У Anycubic Photon M3 Max використовується джерело

світла Anycubic LighTurbo Matrix зі світлодіодними кульками, що забезпечує рівномірне та постійне освітлення протягом усього процесу 3D-друку. Ця технологія підвищує якість друку шляхом мінімізації ризику перетримки чи недотримки у будь-якій конкретній області. Для захисту РК-екрану Photon M3 Max поставляється із захисною плівкою від подряпин. Ця захисна плівка діє як бар'єр від можливих пошкоджень, спричинених пилом, подряпинами чи випадковими розливами рідини.

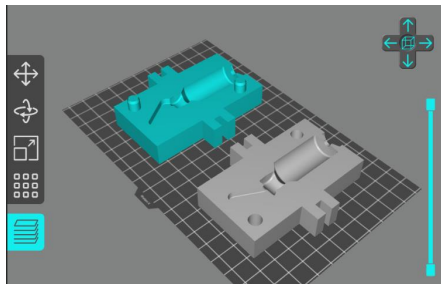
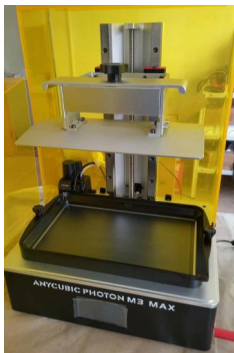


Рисунок 5 – 3D-принтер и програмное обеспечение

Photon M3 Max постачається в комплекті з програмним забезпеченням Anycubic Photon Workshop Slicer. Це програмне забезпечення надає зручний інтерфейс та потужні інструменти для нарізування моделей, спрощуючи процес підготовки моделей до 3D-друку[2].

Можливості принтера дозволяють надрукувати одночасно дві половинки форми, що повністю передають конфігурацію ливарної моделі. Задані параметри друку, щільність заповнення і правильно підібраний матеріал забезпечують отримання досить міцної форми зі складною внутрішньою конфігурацією, яка витримує всі параметри заливки воском (рис.6).

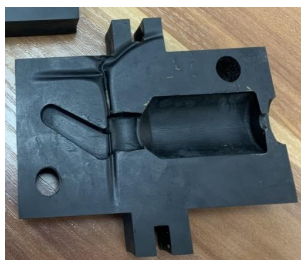


Рисунок 6 – Ливарна форма, яка отримана 3Д-друком.

Наступний виробничий ланцюжок із використанням надрукованої ливарної форми наступний. У форму заливається віск і виходить воскова модель (рис 7).

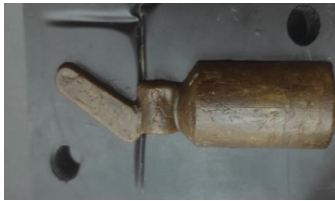


Рисунок 7 – Воскова модель деталі.

З отриманої воскової моделі створюється форма, в яку заливається метал, за рахунок обмазування дрібнодисперсним порошком завтовшки не менше 6-8 мм. Вид матеріалу та товщина корки залежить не тільки від складності геометрії та габаритів виробу, а й від металу, який литиметься в майбутню форму. Потім деталь міститься в піч. У печі віск виплавляється, а сама корка твердне, і виходить тверда форма для лиття металу.

Далі в форму, що вийшла, заливається розжарений метал - це може бути і алюміній, і титан, і навіть магній. Форма остигає, після чого кірка розбивається молотком або віброструдиною, і ми отримуємо виливок [3-4].

Наступний етап – механічна обробка. Вона полягає в тому, щоб зробити поверхню деталі більш гладкою - обрізати літники, за якими заливався метал, зашліфувати їх, зняти зайву шорсткість виробу. На цій стадії нам також може знадобитися свердління отвору або припасування кріпильних елементів – для цього застосовуються верстати з ЧПУ для фінальної обробки виробу до його кінцевого варіанту (шліфувальні, піскоструминні, свердлильні тощо).

**Висновки.** Таким чином, якщо повернутися до порівняння традиційного процесу з адитивним.

У першому випадку це виглядає так:

- Конструктор розробляє деталь, потім передає свою розробку інженеру.
- Інженер адаптує її під методику виробництва разом із технологом.
- Подальша адаптація полягає в тому, що створюється креслення майбутньої форми або креслення, за яким деталь оброблятиметься на верстаті.

При цьому, з моменту видачі конструктором готового проекту інженеру і до отримання форми, за якою вилитиметься виріб, проходить досить тривалий часовий проміжок, поки ця форма виготовляється. Ще одним недоліком такої технології, є повільна реакція на зміни та доопрацювання та оптимізацію конструкції.

З впровадження ж у технологію виготовлення адитивних методів інженер фактично за допомогою 3D-принтера натисканням однієї кнопки відправляє на друк свій проект і віддає його відразу у виробництво на виливок. У цьому значно скорочується термін освоєння. Плюс, ми заощаджуємо значні кошти на виготовлення форми, маємо можливість створювати вироби з геометрією будь-якої складності та, за необхідності, швидко оптимізувати конструкцію у програмному забезпеченні.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сучасні адитивні технології 3D друку. Особливості практичного застосування : навчальний посібник / О. Д. Манжілевський, Р. Д. Іскович-Лотоцький. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 105 с
2. <https://monofilament.com.ua> – український дріт для друку.
3. Литьє по выплавляемым моделям / В. Н. Иванов, С. А. Казеннов, Б. С. Курчман и др.; подбщ. ред. Я. И. Шкленника, В. А. Озерова. – 3-е изд. – М. : Машиностроение, 1984. – 408 с.
4. Аддитивные технологии в опытно литейном производстве. Технологии литья металлов и пластмасс с использованием синтез моделей и синтез-форм / М. А. Зленко, П. В. Забеднов // *Металлургия машиностроения*. – 2013. – №. 2. – С. 45-54.

**PROMOTION OF 3D TECHNOLOGY AS ONE STAGE OF TECHNOLOGICAL LANZUG FOR MANUFACTURING PARTS**

A.P. HERASYMCHUK<sup>1\*</sup>, S.V. BONCHUK<sup>2</sup>, S.L. NEHRUB<sup>3</sup>, V.O. KOVALENKO<sup>4</sup>

<sup>1\*</sup> PRIVATE JOINT STOCK COMPANY «DNIPROPETROVSK AGGREGATE PLANT», Shepkina St., 53, Dnipro, Ukraine, 49052, e-mail: [gerasimchukua@i.ua](mailto:gerasimchukua@i.ua), ORCID -

<sup>2</sup>. Dep. «Technology of Machine Building», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail: [svfekla235@gmail.com](mailto:svfekla235@gmail.com)., ORCID

ORCID 0009-0007-2841-3658.

<sup>3</sup>. Dep. «Technology of Machine Building», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail: [negrubsvetlana1978@gmail.com](mailto:negrubsvetlana1978@gmail.com), ORCID: 0009-0009-7344-9128.

<sup>4</sup>. Dep. «Technology of Machine Building», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail: [kovalenkovladislav22@gmail.com](mailto:kovalenkovladislav22@gmail.com), ORCID-.

**Abstract:** The section examines the use of additive technologies in the preparation of liqueur preparations according to models that are melted as one of the stages in the designed technological process for preparing the product.

**Keywords:** additive manufacturing, additive fabrication, additive manufacturing, Photon M3 Max, molten models, billet, foundry, 3D printing, plastic wire.

**REFERENCES**

1. Suchasni adytyvni tekhnolohiyi 3D druku. Osoblyvosti praktychnoho zastosuvannya : navchal'nyy posibnyk / O. D. Manzhilevs'kyy, R. D. Iskovych-Lotots'kyy. – Vinnytsya : VNTU. (in Ukrainian)
2. <https://monofilament.com.ua> – ukrainian wire for printing.
3. Lit'ye po vyplavlyayemym modelyam / V. N. Ivanov, S. A. Kazennov, B. S. Kurchman i dr.; podobshch. red. YA. I. Shklennika, V. A. Ozerova. Moscow. (in Russian)
4. Additivnyye tekhnologii v opytnom liteynom proizvodstve. Tekhnologii lit'ya metallov i plastmass s ispol'zovaniyem sintez modeley i sintez-form / M. A. Zlenko, P. V. Zabednov // *Metallurgiya mashinostroyeniya*. (in Russian).

347.77

## ЗРОСТАННЯ МАСШТАБІВ ПОРУШЕННЯ АВТОРСЬКИХ ПРАВ У ЦИФРОВОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Гордєєва І.О.

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри Інтелектуальної власності та управління проєктами, Український державний університет науки і технологій, м. Дніпро, Україна

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2019-2527>

**Анотація.** Дослідження присвячено проблемі порушення авторських прав у цифровому середовищі. Зростання масштабів порушення авторських прав у цифровому середовищі є глобальною проблемою, яка негативно впливає на креативну економіку, інновації та розвиток суспільства. Визначено основні чинники, які сприяють зростанню масштабів порушення авторських прав у цифровому середовищі, до яких відносяться: легкість поширення контенту в цифровому середовищі, недосконалість законодавства у сфері авторського права, недостатня обізнаність суспільства про важливість захисту авторських прав. Запропоновано рекомендації щодо їх запобігання.

Ключові слова: цифрове середовище, авторське право, інтелектуальна власність.

347.77

## THE GROWTH OF COPYRIGHT INFRINGEMENT IN THE DIGITAL ENVIRONMENT

Hordieieva Inna O.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Intellectual Property and Project Management, Ukrainian State University of Science and Technologies, Dnipro, Ukraine

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2019-2527>

**Summary.** This study is devoted to the problem of copyright infringement in the digital environment. The growth of copyright infringement in the digital environment is a global problem that has a negative impact on the creative economy, innovation, and social development. The main factors that contribute to the growth of copyright infringement in the digital environment are identified: the ease of content sharing in the digital environment, the imperfection of copyright law, and the lack of public awareness of the importance of copyright protection. Recommendations for their prevention are proposed.

**Keywords:** digital environment, copyright, intellectual property

**Вступ.** Актуальність захисту від порушення інтелектуальної власності постійно зростає у зв'язку з розвитком світового ринку високих технологій [1-2]. Нова парадигма формування

інформаційного суспільства у цифровому середовищі активізувала перетворення фізичних об'єктів у цифрові. Стрімкий технологічний розвиток продовжує змінювати способи створення, виробництва, розповсюдження та використання творчих робіт та інших предметів [3]. Завдяки розвитку сучасних Інтернет-технологій виникають нові види суспільних відносин, суб'єкти, нові практики, бізнес-моделі та виявляються особливі фізичні властивості об'єктів виключних прав в Інтернеті [4-5].

**Мета дослідження:** визначити основні чинники, які сприяють зростанню масштабів порушення авторських прав у цифровому середовищі, та розробити рекомендації щодо їх запобігання.

**Методика.** Для формування теоретичної бази дослідження та визначення основних чинників, які сприяють зростанню масштабів порушення авторських прав у цифровому середовищі застосовано аналіз наукової літератури та нормативно-правових актів у сфері авторського права.

**Результати та їх обговорення.** Доступ до творів, захищених авторським правом, є обов'язковою умовою для творчості, наукової та технологічної інновації [3]. Цей аспект є центральним у авторському праві та його соціальній функції: права надаються, зокрема, тому, що нова творчість сприяє прогресу та колективному добробуту.

Останні декілька років міжнародна спільнота активно обговорює потребу внесення змін до законодавства про авторське право, що стосується охорони авторських та суміжних прав у цифровому середовищі [1; 4]. Ця тенденція стосується зміни міжнародного правового регулювання особливо в частині посилення заходів щодо обмеження онлайн-продажів піратських книг, аудіовізуальної продукції та електронних публікацій. Особлива увага приділяється боротьбі з порушенням авторських прав на платформах соціальних мереж, а також у сфері онлайн-освіти, навчання та електронної комерції.

Як в Україні, так і в світі, проблема захисту авторських прав на контент, розміщений в цифровому середовищі, набуває більшої актуальності. **Автори захищаються тому, що твори, створені ними, йдуть на користь та розвиток суспільства, а інтелектуальна власність безпосередньо пов'язана з креативною економікою, новітніми технологіями та інноваціями.**

Авторське право, як сфера інтелектуальної власності, є сукупністю норм цивільного та інформаційного права, які регулюють відносини щодо визнання авторства та захисту творів науки, літератури та мистецтва. **Сучасне авторське право запроваджено для стимулювання творчості, захисту моральних і матеріальних інтересів творців і сприяння розвитку наук і мистецтв.**

Однак у останні десятиліття парадигма авторського права змістилася до обмеженого правового оточення. Ці обмеження стосуються надання переваги «високому рівню захисту» для власників прав у порівнянні з правовим оточенням, сприятливим для генерування інновацій.

Водночас авторське право зазнало процесу «конституціонізації», який призвів до того, що основні права стали відігравати дедалі важливішу роль у тлумаченні та застосуванні норм авторського права. Конституціонізація представляє собою процес, за допомогою якого права та свободи людини, які спочатку були зафіксовані в звичайних законах, переходять до конституції. Цей процес здійснюється шляхом внесення змін до

конституції або шляхом тлумачення конституції таким чином, щоб включити нові права та свободи. Конституціонізація важлива, оскільки вона забезпечує більшу юридичну силу та захист для прав та свобод людини. Коли права та свободи людини зафіксовані в конституції, їх важче змінити або скасувати.

**Значні прогалини в законодавстві про авторське право безперечно стають перешкодою для ефективного генерування інновацій та використання можливостей, що надаються цифровими технологіями для їх впровадження.**

**Наслідками зростання визнання безлічі цінностей, які конкурують між собою, призвели до потреби враховувати їх в процесі створення законів та тлумачення існуючих законів. Це безперечно активізує появу більш гнучкого і динамічного підходу до авторського права.**

Цифрове середовище, як новий вид правовідносин, породив, крім нових можливостей, і низку новітніх конфліктів інтересів. Актуалізація оцифрування неминуче призвела до зміни парадигми, яка стає останнім часом серйозним викликом правовій базі авторського права, яка раніше базувалася на матеріальних активах. Водночас оцифрування об'єктів авторського права зробило їх більш доступними.

Описані процеси породили нагальну потребу в переосмисленні функцій авторського права, як інструменту для створення ринків для охоронюваних творів і справедливого спрямування доходів на етап виробництва оригінального контенту.

У цифровому середовищі функціонують певні соціальні відносини. А суб'єкти, які діють у цьому середовищі, набувають певний правовий статус індивідуальних учасників таких правовідносин.

Легкість порушення прав інтелектуальної власності на об'єкти авторського права обумовлює необхідність їх охорони на міжнародному рівні. Це пов'язано з тим, що в цифрову епоху об'єкти авторського права можуть бути легко переміщені, переслані або незаконно поширені через кордони. Це може статися без відома або згоди автора, що може завдати йому значних збитків.

Національне законодавство у сфері прав інтелектуальної власності часто виявляється недостатнім для належного захисту прав та інтересів автора. Це пов'язано з тим, що національні закони мають обмежену сферу дії або часто не враховують всі аспекти порушення прав інтелектуальної власності в цифровому середовищі.

Мережі Інтернет не обмежуються державними кордонами, а послуги надаються провайдерами, які знаходяться в різних країнах. Це ускладнює захист прав інтелектуальної власності в цифровому середовищі. У цьому разі важко встановити, яке законодавство застосовується до конкретного випадку порушення.

Провайдери дотримуються законодавства тієї держави, на території якої знаходяться і за законодавством якої зареєстровані. Це означає, що творець, чий права були порушені, вимушений звертатися до суду в іншій країні, а цей процес дорогий і складний.

**Висновки.** Зростання масштабів порушення авторських прав у цифровому середовищі є глобальною проблемою, яка негативно впливає на креативну економіку, інновації та розвиток суспільства.

Основними чинниками, які сприяють зростанню масштабів порушення авторських прав у цифровому середовищі, є:

1. Легкість поширення контенту в цифровому середовищі.
2. Недосконалість законодавства у сфері авторського права.
3. Недостатня обізнаність суспільства про важливість захисту авторських прав.

Для вирішення проблеми порушення авторських прав у цифровому середовищі необхідно:

1. Вдосконалити законодавство у сфері авторського права, враховуючи особливості цифрового середовища.
2. Розширити міжнародне співробітництво у сфері захисту авторських прав.
3. Посилювати освіту та просвітницьку роботу щодо важливості захисту авторських прав.

#### Список використаних джерел:

1. Majumdar S. Directive (EU) 2019/790 of the European Parliament and of the Council: overhaul of European Union's copyright rules: a study, *Library Hi Tech News*, 2020. Vol. 37., No. 9, pp. 11-13. <https://doi.org/10.1108/LHTN-06-2020-0054>
2. Гордєєва І. О. Аналіз нововведення Закону України «Про авторське право і суміжні права» № 2811-IX від 01.12.2022 р. *Цифрове суспільство: управління, фінанси та соціум : матеріали міжнар. наук.-практ. конф. (м. Дніпро, 18 квітня 2023 р.)*. Дніпро, 2023. Т. 2. С. 31–33. URL: <http://eadnurt.diit.edu.ua/jspui/handle/123456789/17156>
3. Гордєєва І.О. Специфічні проблеми набуття та охорони прав інтелектуальної власності в умовах воєнного стану в Україні. Актуальні проблеми та перспективи соціально-економічного розвитку регіону в умовах сучасних глобальних викликів: матеріали I Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, Кременчук: Придніпровський інститут МАУП, 23 березня 2023 р., С. 101-103. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.7913959>.
4. Mindaugas K. Addressing Evolving Digital Piracy Through Contributory Liability for Copyright Infringement: The Mobdro Case Study. *Masaryk University Journal of Law and Technology*. 2023, 17(2), P. 219-248. DOI: <https://doi.org/10.5817/MUJLT2023-2-3>.
5. Гордєєва І.О. Перешкоди правової охорони інтелектуальної власності в міжнародному вимірі. *Сучасні підходи до креативного управління економічними процесами: матеріали XVI Міжнародної науково-практичної конференції*, 13-14 квітня 2023, Київ: Національний авіаційний університет (НАУ). Том 1, С. 53-55. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.7978784>.

### 330.4

#### МОДЕЛЮВАННЯ БАГАТОЕТАПНИХ ПРОЦЕСІВ ГУМАНІТАРНОЇ ЛОГІСТИКИ

**Дзюба С.В.**, доктор технічних наук, старший науковий співробітник, учений секретар, Придніпровський науковий центр НАН України та МОН України, Дніпро, Україна, office.psc@nas.gov.ua, ORCID: 0000-0002-3139-2989

**Коряшкіна Л.С.**, кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри системного аналізу і управління, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна, koriashkina.l.s@nmu.one, ORCID: 0000-0001-6423-092X

**Кругліков Д.Г.**, аспірант Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, Дніпро, Україна, [coldsun1987@gmail.com](mailto:coldsun1987@gmail.com), ORCID: 0009-0003-4728-9235

#### **Анотація**

Об'єкт дослідження – двоетапні процеси екстреної евакуації, які виникають під час надання допомоги населенню територій, що зазнали шкоди від надзвичайної ситуації природного або техногенного характеру.

Методи дослідження – системний аналіз, математичне моделювання, теорії неперервних задач оптимального розвитку множин, теорії двоїстості, методи розв'язання задач лінійного програмування транспортного типу.

Представлена задача оптимального розвитку множин з додатковими зв'язками, яка, на відміну від існуючих моделей двоетапних задач розміщення-розподілу, враховує різні форми доставки мешканців безпосередньо до кінцевих пунктів, а саме, коли частина населення прямує власним транспортом до пункту кінцевого призначення, а решта евакуюється через проміжні пункти збору.

**Ключові слова:** гуманітарна логістика, двоетапна евакуація, територіальне зонування, неперервна модель, задача розміщення-розподілу

#### **Modeling of multi-stage processes of humanitarian logistics**

**Dziuba S.V.**, *Doct. Sc. (Tech.), Associate Professor, scientist secretary Pridniprovsky Scientific Center of the National Academy of Sciences of Ukraine and of Ministry of Education and Science of Ukraine, Dnipro, Ukraine, office.psc@nas.gov.ua, ORCID: 0000-0002-3139-2989*

**Koriashkina L.S.**, *PhD, Associate Professor, Associate Professor of Department of System Analysis and Control, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, koriashkina.l.s@nmu.one, ORCID: 0000-0001-6423-092X*

**Kruhlikov D.H.**, *postgraduate of the M.S. Poliakov Institute of Geotechnical Mechanics of NAS of Ukraine, Dnipro, Ukraine, coldsun1987@gmail.com, ORCID: 0009-0003-4728-9235*

#### **Abstract**

This study focuses on two-stage emergency evacuation processes that occur when providing assistance to populations affected by emergencies of natural or man-made origins.

**Research Methods.** The research employs various methods including system analysis, mathematical modeling, theories related to the continuous optimization of set partitions, duality theories, and techniques for solving linear programming problems of the transport type.

**Problem Statement.** The study addresses the problem of optimizing the partitioning of sets, particularly in scenarios involving additional connections. Unlike existing models for two-stage location-distribution problems, this approach considers diverse methods of transporting residents to their final destinations. This includes cases where a portion of the population utilizes their own transportation to reach their final destination, while the remainder is evacuated through intermediate collection points.

**Keywords:** humanitarian logistics, two-stage evacuation, territorial zoning, continuous model, location-allocation problem

**Вступ.** Логістика вже давно сприймається як стратегічний інструмент підвищення конкурентоспроможності підприємств будь-якого сектору народного господарства. Поступово її важливість усвідомлюється й учасниками гуманітарної спільноти, адже часто саме на логістику припадає до 80% організаційних заходів, пов'язаних з гуманітарними операціями (підготовкою до потенційних надзвичайних ситуацій (НС) або безпосередньою реакцією на них, розподілом і доставкою предметів першої необхідності тощо). Ефективне та економічно доцільне планування, виконання та контроль руху матеріальних потоків, зберігання їх складових товарів та матеріалів, раціональної організації евакуаційних процесів під час НС, прогнозування та оптимізацію ресурсів, управління запасами та обмін інформацією, на всьому цьому спеціалізується гуманітарна логістика (ГЛ).

Протягом останніх двох десятиліть в літературі з'являється все більше наукових публікацій у галузі ГЛ, в яких автори намагаються врахувати якомога більше особливостей гуманітарних операцій, зокрема, невизначеність попиту, пріоритет швидкості реагування над витратами, велику кількість зацікавлених осіб та складність координації їх дій, навіть необхідність домовитися з урядами суверенних держав та різними органами влади, фазову структуру діяльності та ін. [1, 2]. Значна частина наукових робіт присвячена використанню математичного моделювання, розробці методів та технологій розв'язання оптимізаційних задач, що виникають під час підготовки або ліквідації наслідків НС.

Мета даної роботи – підвищення рівня захищеності населення під час надзвичайної ситуації за рахунок розробки моделей та методів розв'язання задач оптимального розміщення первинних пунктів збору, зонування території та розподілу людського потоку з максимальним охопленням постраждалого регіону і мінімізацією термінів евакуації.

**Методика.** На основі системного підходу, математичного моделювання, з використанням теорії неперервних задач оптимального розбиття множин в роботі розроблено нову математичну модель частково двоетапного евакуаційного процесу, яка є узагальненням багатоетапних моделей задач оптимального розміщення-розподілу, представлених в [3, 4] на випадок можливості здійснення евакуації частини населення безпосередньо до місць призначення, не використовуючи проміжні первинні пункти збору.

**Результати та їх обговорення.** Змістовна постановка задачі: з метою здійснення евакуації населення з постраждалої від НС території до спеціально відведених центрів екстреної допомоги (далі центри другого етапу) у якомога найкоротший термін і з якомога меншими транспортними й організаційними витратами визначити: 1) місця розміщення штабів (пунктів первинного збору, центри першого етапу) і кількість населення, на яку вони мають бути розраховані; 2) їх зони відповідальності – постраждалі території, евакуацію населення з яких центри організують, розподіляючи частину мешканців одразу між кінцевими пунктами екстреної допомоги, а решту спочатку збираючи їх в первинних пунктах збору, а далі – на відведеному транспорті доставляючи в безпечні місця. При цьому потрібно розподілити зібраних постраждалих для подальшого транспортування до кінцевих пунктів екстреної допомоги і розрахувати число транспортних засобів певної місткості, яке потрібно задіяти для перевезення населення з центрів першого до центрів другого етапу в відведений термін так, аби мінімізувати транспортні та організаційні витрати на евакуацію загалом. Бажано також розробити план евакуації (пункти призначення і

маршрути) тієї частини населення, яка володіє власним транспортом і може дістатися кінцевого пункту самостійно.

В розробленій математичній моделі сформульованій задачі використані такі позначення:  $\Omega$  – територія деякого регіону, що зазнала (може зазнати) пошкоджень в результаті надзвичайної ситуації, задана географічними координатами границь;  $\hat{\Omega} \subseteq \Omega$  – територія, де можуть бути розміщені первинні пункти збору постраждалого населення (центри першого етапу);  $\rho(x)$  – функція, що описує щільність населення в точці  $x$  множини  $\Omega$ , люд./м<sup>2</sup>;  $\mu(x)$  – безрозмірна функція, яка приймає значення від 0 до 1 і задає частку населення, яка спроможна евакуюватися власним транспортом;  $N$  – кількість пунктів первинного збору населення (центрів першого етапу);  $M$  – кількість пунктів кінцевого призначення (центрів другого етапу);  $K$  – кількість типів транспортних засобів, які можна використовувати для перевезення населення;  $S$  – загальна кількість населення на заданій території  $\Omega$ , люд.;  $Vehicle\_capacity_k, k = \overline{1, K}$  – максимально можлива місткість транспортного засобу  $k$ -го типу, люд.;  $Park_k, k = \overline{1, K}$  – максимальна кількість транспортних засобів  $k$ -го типу, яку можна використовувати для евакуації населення;  $Evacuation\_period$  – максимальний термін евакуації мешканців з території НС до пунктів первинного збору;  $v_{min} > 0$  – мінімально допустима швидкість евакуації;  $\tau_i^r = (\tau_i^{(1)r}, \tau_i^{(2)r})$  – координати  $i$ -го центру  $r$ -го етапу;  $b_i^r$  – місткість  $i$ -го центру  $r$ -го етапу,  $r = I, II$ , люд.;  $c_i^l(x, \tau_i^l)$  – вартість евакуації мешканця від точки  $x \in \Omega$  до  $i$ -го центру  $I$ -го етапу, яку можна вважати пропорційною відстані між точками, грн./люд.;  $c_{ij}^l(x, \tau_i^l)$  – кошти, які можуть бути виділені центром  $\tau_i^l$  постраждалим в точці  $x \in \Omega_i$  для їх самостійного переїзду до центру  $\tau_j^{II}$   $II$ -го етапу; розмір допомоги може бути фіксованим, а може враховувати відстань між початковим і кінцевим пунктами, грн./люд.;  $c_{ijk}^l(\tau_i^l, \tau_j^{II})$  – вартість перевезення населення від центру  $\tau_i^l$  до центру  $\tau_j^{II}$ ,  $k$ -м типом транспортного засобу, грн./один. трансп.;  $a_i^l$  – вартість облаштування первинного пункту збору населення в точці  $\tau_i^l$ , розрахована на одну евакуйовану людину, грн./люд.;  $\Omega_i$  – зона відповідальності центру  $\tau_i^l$ ;  $\Omega_{ij}$  – територія, закріплена за центром  $\tau_i^l$ , з якої мешканці самостійно евакууються до центру  $\tau_j^{II}$ , так що  $\cup_{j=1}^M \Omega_{ij} = \Omega$ ,  $mes(\Omega_{is} \cap \Omega_{ij}) = 0$ ,  $s \neq j$ ,  $s, j = \overline{1, M}$ ;  $v_{ij}, i = \overline{1, N}$ ;  $j = \overline{1, M}$  – число евакуйованих, які транспортуються від центру  $\tau_i^l$  до спеціалізованого структурного підрозділу системи екстреної допомоги  $\tau_j^{II}$  (центри другого етапу), люд.;  $V\_Num_{ijk}$  – число транспортних засобів  $k$ -го типу, яке потрібно залучити для перевезення евакуйованих від центру  $\tau_i^l$  до спеціалізованого структурного підрозділу СЕЛ  $\tau_j^{II}$  (центри другого етапу), люд.,  $i = \overline{1, N}$ ;  $j = \overline{1, M}$ ,  $k = \overline{1, K}$ ;  $\Sigma_{\Omega}^N$  – клас всіх можливих розбиттів  $\tilde{\omega} = \{\Omega_1, \Omega_2, \dots, \Omega_N\}$  множини  $\Omega$  на  $N$  підмножин (як в усіх задачах вище), а для кожного  $i = 1, 2, \dots, N$  клас  $\Sigma_{\Omega_i}^M$  – клас всіх можливих розбиттів множини  $\Omega_i$  на  $M$  підмножин:

$$\Sigma_{\Omega_i}^M = \{\tilde{\zeta}_i = \{\Omega_{i1}, \Omega_{i2}, \dots, \Omega_{iM}\} : \cup_{j=1}^M \Omega_{ij} = \Omega_i, mes(\Omega_{is} \cap \Omega_{ij}) = 0, s \neq j, s, j = \overline{1, M}\};$$

$\Sigma_{\Omega}^{NM}$  – клас всіх можливих розбиттів  $\Omega$  на  $NM$  підмножин:

$$\Sigma_{\Omega}^{NM} = \{\tilde{\zeta} = \{\zeta_1, \zeta_2, \dots, \zeta_N\} : \zeta_i \in \Sigma_{\Omega_i}^M, i = \overline{1, N}, \cup_{i=1}^N \Omega_i = \Omega, mes(\Omega_i \cap \Omega_q) = 0, i \neq q, i, q = \overline{1, N}\}.$$

Математична модель задачі: потрібно знайти таке розбиття  $\zeta = \{\zeta_1, \zeta_2, \dots, \zeta_N\}$  множини  $\Omega$  на  $NM$  підмножин і визначити такі  $\tau^I = (\tau_1^I, \dots, \tau_N^I)$ ,  $v = \{v_{11}, \dots, v_{ij}, \dots, v_{NM}\}$  та  $V\_Num = \{V\_Num_{ijk}\}$ ,  $i = \overline{1, N}$ ,  $j = \overline{1, N}$ ,  $k = \overline{1, K}$ , за яких

$$F(\zeta, \tau^I, v, V\_Num) \rightarrow \min,$$

$$F(\zeta, \tau^I, v, V\_Num) = \beta_1 \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \int_{\Omega_{ij}} (c_i^I(x, \tau_i) + a_i^I) (1 - \mu(x)) \rho(x) dx + \\ + \beta_2 \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^K c_{ijk}^{II}(\tau_i^I, \tau_j^{II}) \cdot V\_Num_{ijk} + \beta_3 \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \int_{\Omega_{ij}} c_{ij}^{II}(x, \tau_j^{II}) \mu(x) \rho(x) dx$$

за умов

$$\int_{\Omega_i} (1 - \mu(x)) \rho(x) dx = \sum_{j=1}^M v_{ij}, \quad i = \overline{1, N},$$

$$\sum_{i=1}^N \int_{\Omega_{ij}} \mu(x) \rho(x) dx + v_{ij} = b_j^{II}, \quad j = \overline{1, M},$$

$$\sum_{k=1}^K Vehicle\_capacity_k \cdot V\_Num_{ijk} \geq v_{ij}, \quad i = \overline{1, N}, j = \overline{1, M},$$

$$\frac{1}{v\_min} \sup_{x \in \Omega} \min_{i=1, \dots, N} d(x, \tau_i^I) \leq Evacuation\_period,$$

$$0 \leq \sum_{k=1}^K V\_Num_{ijk} \leq Park_k, \quad k = \overline{1, K},$$

$$\zeta \in Z_{\Omega}^{NM}, \quad v \in R_{NM}^+, \quad V\_Num \in Z_{NMK}^+, \quad \tau^I \in \hat{\Omega}^N,$$

де  $\beta_1, \beta_2, \beta_3 \geq 0$ ,  $\beta_1^2 + \beta_2^2 + \beta_3^2 \neq 0$  – задані коефіцієнти, які визначають пріоритет доданків і враховують їх нормування і безрозмірність;  $d(x, \tau_i^I)$  – відстань між точками  $x$  та  $\tau_i^I$ ;  $R_{NM}^+ - NM$ -вимірний простір невід'ємних дійсних чисел;  $Z_{NMK}^+ - NMK$ -вимірний простір невід'ємних цілих чисел.

Якщо центри першого етапу визначені заздалегідь, то потрібно лише врахувати (або оцінити) їх місткість, тобто певну кількість мешканців, яку вони повинні зібрати із закріплених за ними зон, постраждалих від НС, за евакуацію населення з якої вони відповідають. Вважається, що кількість центрів другого порядку та їхні можливості дозволяють прийняти і надати допомогу усім постраждалим з території НС.

Сформульована задача є новою за своєю математичною постановкою у класі неперервних задач оптимального розбиття множин з додатковими зв'язками. На відміну від добре вивчених моделей двоетапних задач оптимального розміщення-розподілення матеріальних потоків [3,4] вона не передбачає обов'язкове використання проміжних центрів в багатоетапній транспортно-логістичній мережі. А, отже, виникає задача дворівневого розбиття (розбиттям в розбитті): кожна із зон  $\Omega_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, N$ , що складають розбиття  $\Omega$ , розбивається у свою чергу на зони  $\Omega_{i1}, \Omega_{i2}, \dots, \Omega_{iM}$ , з яких, за розпорядженням штабу в пункті  $\tau_i^I$ , мешканці власним транспортом евакуюються до відповідних центрів  $\tau_1^{II}, \tau_2^{II}, \dots, \tau_M^{II}$ .

За рахунок введення до розгляду параметрів і змінних, які пов'язані з транспортними засобами, що використовуються, представлена задача носить дискретно-неперервний характер, і задля її розв'язання потрібно залучити методи не лише теорії оптимального розбиття множин, а й комбінаторної оптимізації.

Найважна початкова інформація обумовлює різні варіанти сформульованої задачі, приміром: задачу оптимального розподілу людських потоків в двоетапній транспортно-логістичній системі з фіксованими центрами першого етапу; з обмеженнями на потужності останніх або за відсутності будь-яких умов на можливу кількість мешканців, яку можуть прийняти первинні пункти збору; за наявності або за відсутністю диференціації транспортних засобів, що використовуються для евакуації, вважаючи, що наявна достатня їх кількість та інші.

Якщо ж припустити, що пункти первинного збору населення взагалі непотрібні, то моделлю буде звичайна неперервна задача оптимального розбиття множин [5].

Зазначені властивості моделі обумовлюють її складність, потребу в теоретичному дослідженні і обґрунтуванні умов існування допустимих і оптимальних розв'язків, розробку методів і алгоритмів розв'язання таких задач.

**Висновки.** Дану роботу присвячено розвитку науково-технічних основ планування комплексу запобіжних заходів щодо попередження та ліквідації наслідків НС, підвищення рівня захищеності населення під час надзвичайної ситуації за рахунок оптимального розміщення рятувальних об'єктів і зонування території для вирішення проблем розподілення руху евакуації. Використання розроблених математичних оптимізаційних моделей та методів дозволить провести кількісну оцінку не лише характеристик самого процесу евакуації, а й пов'язаних з ним витрат, виробити ефективні управлінські рішення, що характеризуються оптимальними значеннями критеріїв мінімізації витрат, часу евакуації тощо за наявних ресурсів.

#### Список використаних джерел

1. Hezam, I.M., & Nayeem, M. (2021). A Systematic Literature Review on Mathematical Models of Humanitarian Logistics. *Symmetry*, 13(1):11. <https://doi.org/10.3390/sym13010011>
2. Baharmand, H., Vega, D., Luras, & M. Comes, T. (2022). A methodology for developing evidence-based optimization models in humanitarian logistics. *Ann Oper Res* 319, 1197–1229. <https://doi.org/10.1007/s10479-022-04762-9>
3. Blyuss, B., Koriashkina, L., Us, S., Minieiev, S., & Dziuba, S. (2019, 09 July). An optimal two-stage distribution of material flow at the fuel and energy complex enterprises. *E3S Web of Conferences* 109, 00008. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910900008>
4. Bulat, A., Dziuba, S., Minieiev, S., Koriashkina, L., & Us, S. (2020). Solution of the problem to optimize two-stage allocation of the material flows. *Mining of Mineral Deposits*, 14(1), 27-35. <https://doi.org/10.33271/mining14.01.027>
5. Теорія оптимального розбиття множин у задачах розпізнавання образів, аналізу і ідентифікації систем: монографія / Е. М. Кісельова, Л.С. Коряшкіна, С.А. Ус // М-во освіти і науки України, ДВНЗ "Національний гірничий університет". – Дніпропетровськ: НГУ, 2015. – 270 с.

UDC 661.68:669

## USING THE DIGITAL TWINS IN METALLURGY

O.V. ZHADANOS<sup>1\*</sup>, I.V. DEREVIANKO<sup>2\*</sup>

<sup>1\*</sup>Department of electrometallurgy, Ukrainian state university of sciences and technologies, Gagarina ave, 4, Dnipro, Ukraine, 49070, e-mail [Alexzhad1980@gmail.com](mailto:Alexzhad1980@gmail.com), ORCID 0000-0002-9533-9933

<sup>2\*</sup>Department of electrometallurgy, Ukrainian state university of sciences and technologies, Gagarina ave, 4, Dnipro, Ukraine, 49070, e-mail [ihorsic@meta.ua](mailto:ihorsic@meta.ua), ORCID 0000-0002-4518-9535

**Research of thermal energy processes during silicon carbide production in the resistance furnace**

Derevyanko I.V., Zhadanos O.V.

**Abstract.** Silicon carbide is one of the most essential artificial inorganic materials widely used to produce abrasive instruments, high-temperature heaters, fireclay ceramics, and metallurgy. The most amount of silicon carbide produces in the resistance furnaces. One of the issues of the silicon carbide production process is the lack of supervisory of thermal state in the furnace working space, which does not always allow for select rational electrical modes and accordingly get the material of appropriate quality. One of the methods to solve this issue is computer modeling the thermal state of the resistance furnace. Therefore, the goal of this research is the development of a computer model of the thermal state in the reaction zone of the resistance furnace, that further allows the development of technological recommendations concerning modes of conducting the process of obtaining silicon carbide. In addition, the development of a mathematical model of the dynamics of the thermal state of the resistance furnace opens up new opportunities for improving the existing automated control systems, which is very important from the point of view of the implementation of the Industry 4.0 paradigm at the enterprises of the mining and metallurgical complex of Ukraine.

*Keywords.* Silicon carbide, resistance furnace, thermophysical model, temperature zones, front of reducing reactions, secondary materials, automated control system.

**Introduction.** Silicium carbide is one of major artificial inorganic materials widely applied for manufacture of abrasive tools, high-temperature radiators, refractory ceramic as well as in metallurgy [1]. The most part of silicium carbide in the world industry is produced by method suggested by Acheson in the end of 19th century [2]. The method consists in carbon-thermal reduction of silicon due to Joule heat generated when electric current passing through the furnace core. The principal scheme of self-moving resistance furnace is presented in Figure 1.

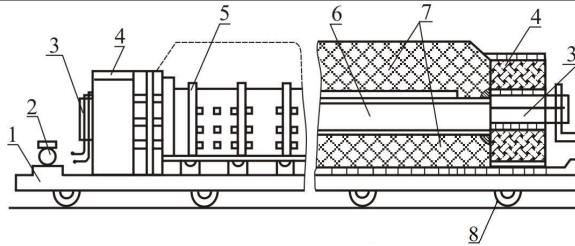


Fig. 1 - Self-moving electric resistance furnace for production of silicon carbide: 1 - carriage; 2 – furnace movement mechanism; 3 - electro contact nodes; 4 - fire brick face walls; 5 - side shields; 6 - working electrical resistance (core); 7 - burden; 8 - wheel pair

SiC production process is very labor-consuming and requires significant power consumption 7300-7600 kW·h/t. According to [3, 4], amount of electric energy in the structure of cost price of silicon carbide of abrasive quality is 50-60 %, at burden distribution 60-70 t, commercial yield is 10.5-11.5 tons (15-19%). Therefore, maintenance of maximum product yield at the rational charge of electric energy is an important industrial problem.

The most precise methods of SiC production process control are based on direct measurements of reaction zone temperature. However, high temperature and corrosive environment make it almost impossible to apply direct methods of temperature control with the use of thermocouples or pyrometers. Indirect methods based on measurement of electrical resistance or acoustic emission signals are not used because of errors. Therefore, the process is controlled by empirically determined diagrams of dynamics of lead-in power [3] (fig. 2).

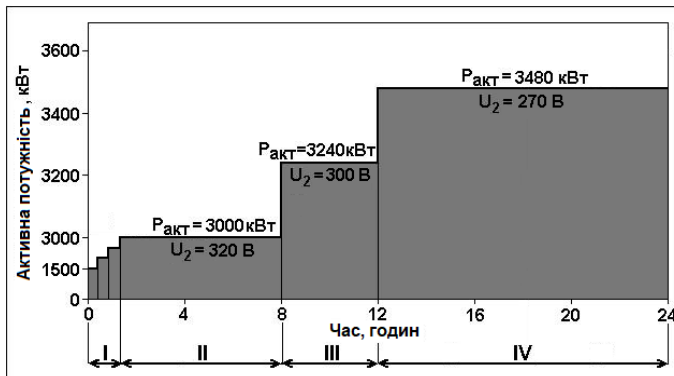


Fig. 2. - Dynamics of lead-in power during the process of silicon carbide production: I (0-1,5 год.) – power set 1500-3000 kW; II (1,5-8 год.) - power 3000 kW; III (8-12 год.) - power 3240 kW; IV (12-24 год.) – power 3480 kW

In this case, the key criterion of power regime control is charge material capability and type of produced silicon carbide. Information about the processes of furnace thermal field formation and

parameters of chemical reactions initiated by this field is required for the development of rational technological regimes of SiC production by Acheson's method. Therefore, it is reasonable to use mathematical modeling in order to receive information about these processes.

Also, the development of a mathematical model of the dynamics of the thermal state of the resistance furnace opens up new opportunities for improving the existing automated control systems, which is very important from the point of view of the implementation of the Industry 4.0 paradigm at the enterprises of the mining and metallurgical complex of Ukraine [5].

**Retrospective of researches and publications and statement of the problem.** A number of works are devoted to the study of thermal energy processes in resistance furnaces, for example [6, 7], in which the methodology of building mathematical models of this process is given and the corresponding models are obtained. However, the weakness of computing tools significantly complicated model studies and the processing of the obtained results. The modern level of mathematical modeling and development of personal computers allows for the removal of the mentioned restrictions.

**The purpose and tasks of research.** The purpose of this study is to develop a computer model of the thermal state of the reaction zone of the resistance furnace, which will further allow the development of technological recommendations for conducting the process of obtaining silicon carbide.

**Thermo-physical model of the process.** Acheson furnace is a complicated power-technological and thermo-physical unit in view of mathematical modeling. The main heat source is electric energy during silicium carbide production process. Electric power of furnace is supplied from monophas transformer (fig. 3).

The furnace transformer of the EOCN 8200-10 type has an installed capacity of 4000 kV·A, the permissible current strength in the high-voltage winding, taking into account overheating  $\leq 400$  A. The voltage on the high side is 10.5-11 kV, with a low side of 408-206 V (17 steps of change voltage).

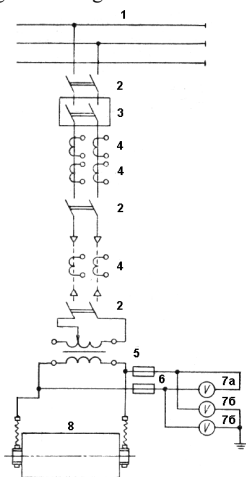


Fig. 3 - Schematic circuit diagram of turning resistance furnace on for silicium carbide production with power 4000 kV·A:  
1 - high voltage bus (10 kV); 2 - air-break disconnectors (type ПБФ-10/600); 3 - oil circuit breaker (type БМГ-10, 10/600); 4 - measuring current transformer (type ТИЛТ-10-0.5/Р-400); 5 - furnace transformer; 6 - thermal links; 7 - voltmeter gauges (type Е-378) for linear (a) and phase (b) voltage; 8 - resistance furnace

The heat flow formed in the core with a cross-section of  $0.6 \times 0.8$  m. spreads from the inner zones of the furnace from the core to the outer zones. Due to the heating of the reaction charge, the process of carbide formation begins in the core layer and then spreads to the peripheral zones.

Total reaction of carbon-thermal process of high-silica sand interaction with carbon is as follows:



$$\Delta G = 555615 - 322,11T, \text{ kJ/mole}$$

$$\Delta G = 0, \text{ if } T = 1725 \text{ K}$$

There are four temperature zones in the resistance furnace [7, 8]:

1.  $T < 1452^\circ\text{C}$ . At these temperatures there is no interaction of components – composition of initial and end products is almost the same.

2.  $1452^\circ\text{C} < T < 2609^\circ\text{C}$ . The main siliceous product is silicium carbide in reaction products at excess of carbon, and at deficiency of carbon -  $\text{SiO}_2$  recovery takes place only until the formation of gaseous monosilicon oxide.

3.  $2609^\circ\text{C} < T < 2927^\circ\text{C}$ . In this temperature interval silicium is the basic reduction product.

4.  $T > 2927^\circ\text{C}$ . In this area of temperatures all siliceous products of reactions at any relationship of initial components can be only in gaseous state.

The furnace operates in an unsteady thermal regime therefore heat losses increase in due course. Temperature conditions of the furnace define the process of silicium carbide formation. Thus, the following factors have an effect on the dynamics of the thermal condition of the furnace: energy generated in the center of the furnace, energy consumption due to endothermic reactions, a significant amount of off-gases, and heat transfer in the environment. Taking into account that the furnace core is located along the whole length of the furnace we assume uniform energy generation from a core surface. When estimating the dynamics of the thermal condition of furnace lining we consider that heat currents are directed only in the axial direction. Therefore, in this paper, we consider a two-dimensional model of heat transfer in the furnace volume and a one-dimensional model of heat transfer in fireclay lining through the bottom and side walls. Then differential equations of heat conduction for the furnace workspace (2) and linings will be as follows (3) [7]:

$$C_s(T_s) \cdot \rho_s \cdot \frac{\partial T_s}{\partial \tau} = \left( \frac{\partial}{\partial x} \left[ \lambda_s(T_s) \frac{\partial T_s}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[ \lambda_s(T_s) \frac{\partial T_s}{\partial y} \right] - C_{\text{gas}} \cdot \rho_{\text{gas}} \cdot v_f(\tau) T_{\text{gas}} \right) - \frac{\rho^0}{v \cdot \mu} Q_{\text{SiC}} \frac{d\eta}{d\tau}, \quad (2)$$

$$C_l(T_l) \cdot \rho_l \cdot \frac{\partial T_l}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda_l(T_l) \frac{\partial T_l}{\partial x} \right) \quad \text{for furnace walls} \quad , \quad (3)$$

$$C_l(T_l) \cdot \rho_l \cdot \frac{\partial T_l}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial y} \left( \lambda_l(T_l) \frac{\partial T_l}{\partial y} \right) \quad \text{for furnace bottom}$$

where:  $C_s(T_s)$ ,  $C_l(T_l)$ ,  $C_{\text{gas}}$  - specific heating capacities of charge materials, lining and waste gas;  $\rho_c$ ,  $\rho_l$ ,  $\rho_{\text{gas}}$  - densities;  $\lambda_s(T_s)$ ,  $\lambda_l(T_l)$  - coefficients of thermal conductivity of charge materials and lining;  $v_f(\tau)$  - rate of gas filtration;  $T_{\text{gas}}$  - gas temperature;  $\rho^0$  – initial concentration of charge materials;  $v$ ,

$\mu$  - stoichiometric coefficient and molecular weight of initial charge materials;  $Q_{SiC}$  – thermal effect of reaction of SiC formation;  $\eta$  - depth of transformation of initial materials.

Due to the fact that the power released by the core is known, boundary conditions of the 2<sup>nd</sup> type are set for the boundary between the core and the furnace space [9]:

$$-\lambda_s(T_s) \left( \frac{\partial T}{\partial x} + \frac{\partial T}{\partial y} \right) = q_s(\tau), \quad (4)$$

where  $q_s(\tau)$  - unit power generated on a core (figure 2).

On the boundaries of the working zone of the furnace and lining, boundary conditions of the 4<sup>th</sup> type can be represented by the expression:

$$\left. \begin{aligned} T_{c.external} &= T_{l.internal} \\ \lambda_s(T_s) \left( \frac{\partial T_s}{\partial n} \right)_{n_{s.external}} &= \lambda_l(T_l) \left( \frac{\partial T_l}{\partial n} \right)_{n_{l.internal}} \end{aligned} \right\}, \quad (5)$$

where:  $T_{c.external}$  - temperature of external surface of the charge,  $T_{l.internal}$  - temperature of internal surface of lining.

Since the upper part of the furnace is open and gas - the product of the reaction - is removed from the surface, at the boundary of the upper surface of the working zone of the furnace and the surrounding environment, we adopt boundary conditions of the 3<sup>rd</sup> type.

$$-\lambda_s(T_s) \frac{\partial T}{\partial y} = (\alpha_{env1} + c_{gas} \cdot \rho_{gas} \cdot v_1(\tau)) (T_{c.external} - T_{env}) \quad (6)$$

where:  $\alpha_{env1}$  - coefficient of heat-to-environment transfer from furnace surface,  $T_{env}$  - environment temperature.

For the boundary lining - environment, boundary conditions of the 3<sup>rd</sup> type will have the form.

$$-\lambda_l \left( \frac{\partial T_l}{\partial n} \right)_{n_{l.external}} = \alpha_{env2} (T_{l.external} - T_{env}) \quad (7)$$

where:  $\alpha_{env2}$  - coefficient of heat-to-environment transfer from furnace bottom and walls.

We assume that in the initial moment of time the temperature inside furnace and lining and environment temperature are equal.

**The results of the research and their discussion.** The dynamics of the thermal condition of the furnace reaction zone were computed by the finite difference method with the use of a PC. The results of modeling are illustrated in Figures 4 and 5 [7]. Zone development of reduction processes causes the formation of intermediate products of reduction reactions except for silicon carbide.

Zone development of reduction processes causes the formation of intermediate products of reduction reactions except for silicon carbide.

1. Zone I - area of formation of intermediate products of silica reduction by carbon. Presented by siloxicon and adhesions containing 40-60 % SiC.
2. Zone II - amorphous area presented by crystals  $\beta$  - SiC (70-85 % SiC).
3. Zone III – macro-crystalline abrasive  $\alpha$  - SiC (92-98 % SiC).

According to the simulation results, the dimensions of the zones of the products of the carbon-thermal reduction of silica due to the heat released during the passage of an electric current through the core of the furnace were established, and the temperature front of the reduction reactions was detected. It was established that the zone of siloxicon and adhesions (I) has a thickness of 60 mm in the bottom and lateral parts, and 190 mm in the top.

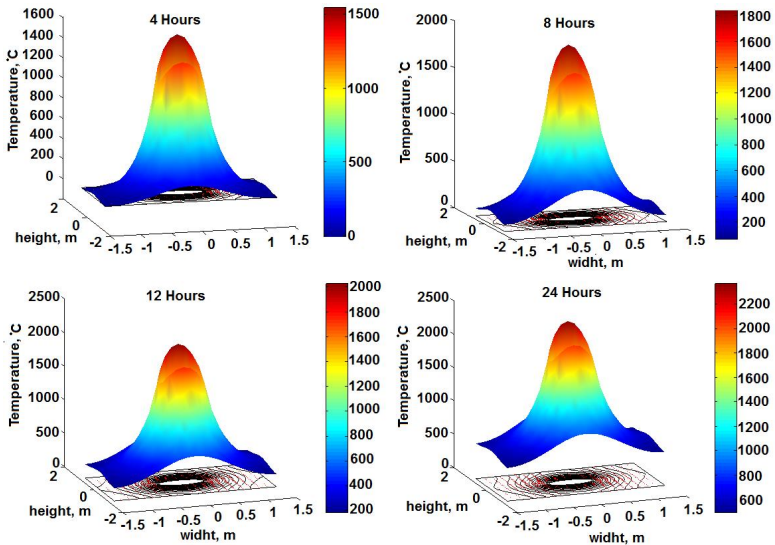


Fig 4. - The distribution of the temperature field in the cross section of Acheson furnace after 4, 8, 12 and 24 hours of heating

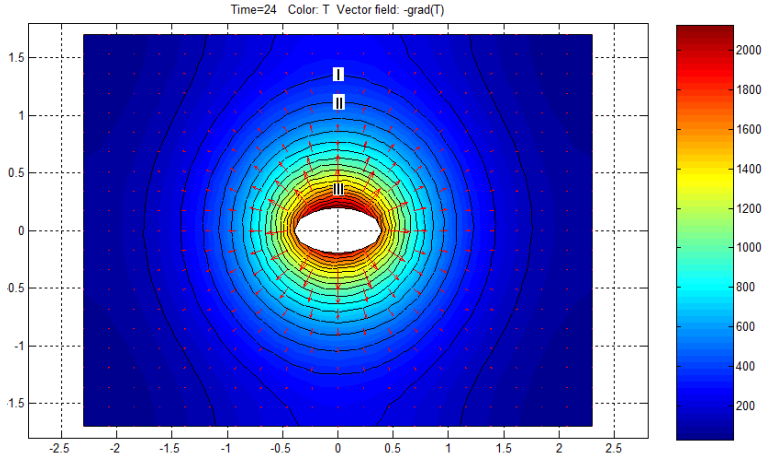


Fig 5. - Temperature pattern distribution across the section of reaction zone of Acheson furnace after heating during 24 hours: Zone I - the area of formation of intermediate products of the reduction reaction of silica with carbon (siloxycen and adhesions - 40-60% SiC), Zone II - amorphous zone, crystals - SiC (70-85% SiC), Zone III - large crystal abrasive - SiC (92-98% SiC)

The amorphous zone (II), represented by  $\beta$ -SiC crystals, has dimensions of 250 mm and 340 mm. The area of large-crystalline silicon carbide (III) in the bottom and lateral parts has a slight thickness of 120 mm, and in the top - up to 300 mm. The asymmetry of the zones is caused by the presence of upward flows of heated gases that warm the upper horizons of the charge loading. The obtained sizes of the zones correspond to the industrial data.

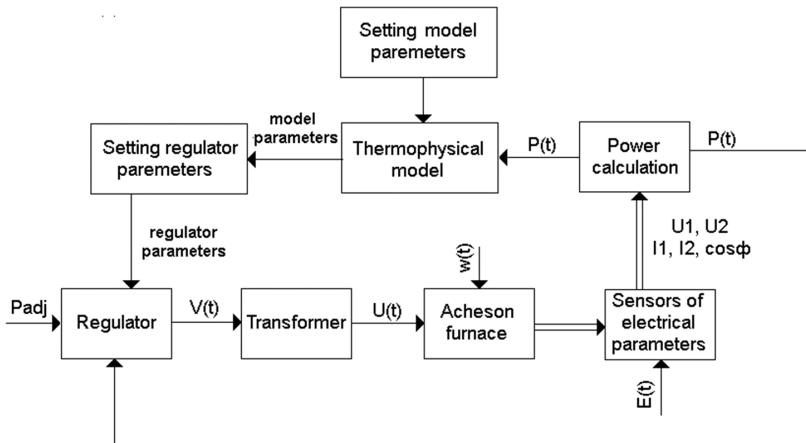


Fig 6. - The structure of automatic process control system of the resistance furnace:

$P_{adj}$  - adjusted electrical power;  $V(t)$  – control effect of regulator,  $U(t)$  - secondary voltage,  $w(t)$  – disturbance,  $E(t)$  – vector sensor error,  $U_1, U_2, I_1, I_2, \cos\varphi$  – electrical parameters,  $P(t)$  – electrical power

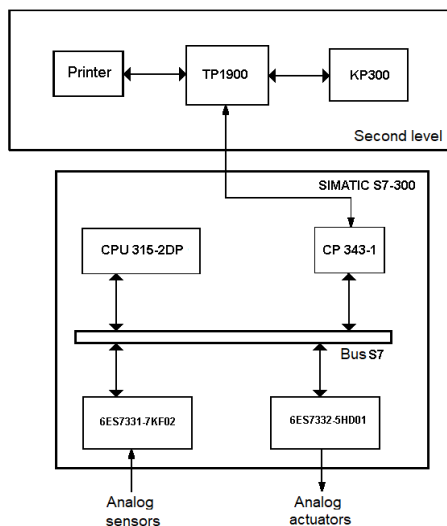


Fig 7. -The structure of the control computer system of the resistance furnace

**The structure of the automated control system for the silicon carbide production process in the resistance furnace.** The structure of control of the thermal mode of the resistance furnace is presented in Fig. 6. Based on the results of the calculations (block "Thermophysical Model"), the PID regulator issues a controlling influence on the furnace transformer, based on which the electrical modes of operation change. An example of the implementation of an automated resistance furnace control system based on Siemens technology is shown in Fig. 7 and in the table. 1. The proposed control computer complex consists of a Simatic S7-300 data collection system (first level), which is connected to the TP1900 Comfort INOX operator panel (second-level ACS) using the PROFIBUS protocol. Control signals from the UOC are sent to the actuators.

Table. 1 – The main technical elements of control calculation complex

Position	Title
Simatic S7 - 300	Programmable microprocessor controller
CPU 315-2DP	Central processor
CP 343-1	Communication processor
6ES7331- 7KF02	Analog input module

6ES7332 - 5HD01	Analog output module
TP1900	Operator's panel of the central control panel
SCX-3205	Laser printer
KP300	Text display of the local control panel

### Conclusions

Based on the results of the research conducted in this work, a thermophysical model of the silicon carbide production process in a resistance furnace was developed. Calculation of the dynamics of the thermal state of the reaction zone of the furnace was performed with the use of a computer using the finite difference method.

According to the simulation results, the dimensions of the zones of the products of the carbon-thermal reduction of silica due to the heat released during the passage of an electric current through the core of the furnace were established, and the temperature front of the reduction reactions was detected. It was established that the zone of siloxicon and adhesions (I) has a thickness of 60 mm in the bottom and lateral parts, and 190 mm in the top. The amorphous zone (II), represented by  $\beta$ -SiC crystals, has dimensions of 250 mm and 340 mm. The area of large-crystalline silicon carbide (III) in the bottom and lateral parts has a slight thickness of 120 mm, and in the top - up to 300 mm. The asymmetry of the zones is caused by the presence of upward flows of heated gases that warm the upper horizons of the charge loading. The obtained sizes of the zones correspond to the industrial data.

The structure of control of the thermal mode of the resistance furnace and the control computer complex based on Siemens technology is proposed.

Using the developed model, it is advisable to evaluate the influence of the dynamics of the supplied power on the size of the reduction product zones, to obtain analytical dependences of the change in the thermal state of the reaction zone of the furnace, which will allow us to develop technological recommendations for conducting the silicon carbide production process. This is a further direction of research.

### REFERENCES

1. Silicon carbide: technology, properties, application / Aheev O.A., Beliayev A.E., Boltovets N.S. and etc. / according to the total ed. A.E. Belyaev, R.V. Konakova.- Kharkiv: «ISMA». 2010. - 532 p.  
URL: [https://corpora.tika.apache.org/base/docs/commoncrawl3\\_refetched/NG/NGCDBCX2SUPWR6\\_LE5CEJH7FM76SWNZMM](https://corpora.tika.apache.org/base/docs/commoncrawl3_refetched/NG/NGCDBCX2SUPWR6_LE5CEJH7FM76SWNZMM)
2. Acheson, E. G. Synthese von SiC während des Schmelzprozesses von Kohlenstoff und Aluminiumsilikaten / E. G. Acheson // British Patent – 17911, 1892; U.S.Pat.492767, Feb. 28, 1893
3. M.I. Gasik, M.M. Gasik. Electrothermy of Silicon, Dnipropetrovs'k, National metallurgical academy of Ukraine, 2011, 487 p.
4. Gasik, M.I., Kisel'gof, O.L., Ovcharuk, A.N., Derevyanko, I.V. Thermal and kinetic characteristics of process for producing the metallurgical silicon carbide from secondary materials / Metallurgicheskaya i Gornorudnaya Promyshlennost, 2000, (1), - p.p. 24–26

5. Higher education towards fourth industrial revolution: European and Ukrainian cases. Monograph general edition of V. Shatokha]. Dnipro, 2021. - 68 p. ISBN 978-966-2394-53-5.  
Access mode - [https://hein4.net/ckeditor\\_files/files/1/case-study\\_UA\\_HEIn4.pdf](https://hein4.net/ckeditor_files/files/1/case-study_UA_HEIn4.pdf)
6. G.S. Gupta, P.V. Kumar Heat-transfer model for the acheson process // Metallurgical and Materials Transactions. 2001. №32. p.p. 1301-1308. URL: <https://doi.org/10.1007/s11661-001-0220-9>
7. S.D. Amosov, U.I. Gol'dshleger, A.G. Merzhanov. Theoretical and Experimental Research of Carbothermic Process of Silicon Reduction, Chernogolovka, Preprint, 1985, 78 p.
8. I.V. Derevyanko, O.I. Polyakov. Studies of polytype silicon carbide produced from recycled materials / Metallurgical and Mining Industry, 2012, Vol. 4, No. 4. p.p. 14-18.  
URL:<https://www.metaljournal.com.ua/assets/Uploads/attachments/14Derevyanko.pdf>
9. I.V. Derevyanko, A.V. Zhadanos. Mathematical Modeling of Heat Power Processes of Silicium Carbide Production in Acheson Furnace. Metallurgical and Mining Industry, 2010, Vol. 2, No. 5 – p.p. 330-335.  
URL:<https://www.metaljournal.com.ua/assets/Uploads/attachments/Derevyanko330.pdf>

УДК 623.441/443

## ІНФОРМАЦІЙНІ ТА КОМП'ЮТЕРНО ТРЕНАЖЕРНІ КОМПЛЕКСИ ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ

С. М. СУХАЙ<sup>1\*</sup>, А. В. БУЛГАКОВ<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup>Каф. «Військової підготовки», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, , ел. пошта. Пошта s.m.sukhai ust.edu.ua, ORCID : 0000-0003-3556-8135

<sup>2</sup>Каф. «Військової підготовки», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. Пошта a.o.bulhakow ust.edu.ua, ORCID: 0000-0003-1475-1348

**Анотація.** У статті розглянуті питання розробки та впровадження у навчальний процес інтерактивних навчально-тренувальних комплексів (далі ІНТК), які призначені для вивчення основних розділів вогневої підготовки (далі ВП) та навчання стрільбі з урахуванням наявних неможливостей проведення очних занять. У статті одним із методів дистанційного навчання розглядається методика і програмне забезпечення використання електронного посібника «Програмне забезпечення» (далі ПЗ). Застосування програмного забезпечення і електронного посібника дозволяє: відпрацювати інтерактивне розбирання та збирання зброї; вивчити алгоритм послідовності виконання вправ стрільб; виявляти помилки, що мали місце при прицілюванні та проведенні балістичних розрахунків; надавати необхідну теоретичну та довідкову інформацію; впровадити комп'ютерне тестування під час дистанційного навчання (далі ДН). Запропонований і розглянутий ІНТК із ВП та проекти навчально-методичних рекомендацій щодо використання його ПЗ мають інноваційність, яка полягає у тому, що воно може працювати як при розміщенні в Інтернеті, так і без його доступу на різних електронних пристроях, а це особливо важливо під час дистанційного навчання. Його впровадження значно скорочує час, необхідний на якісну підготовку особового складу, зменшує матеріальні і фізичні

виртати, надає можливість більш якісно проводити заняття без допомоги спеціальних пристосувань.

*Ключові слова:* інформаційна технологія, навчально-тренувальний комплекс, стрілецькі тренажери, алгоритм, дистанційне навчання, комп'ютерне тестування, програмне забезпечення, стрілецька зброя,

**Вступ та мета.** В умовах ведення війни велике значення приділяється новітнім засобам ближнього бою, серед яких важливе місце займає стрілецька зброя. Підвищення якості навчання військовослужбовців вогневої підготовці зі стрілецької зброї продовжує залишатися важливою проблемою педагогіки. Без науково-практичного вирішення питань про спрямованість, зміст, засоби, структури і методи навчання фахівців неможливо забезпечити високий рівень їх професійної діяльності. Саме тому проблема методичного забезпечення під час дистанційного навчання є ключовою для організації та впровадження нових форм і методів доведення інформації саме такого військово-прикладного характеру [1]. Як стверджують вчені багатьох країн світу, головною особливістю сприйняття людиною інформації є образи. Якщо перетворювати матеріал заняття у сукупність образів, то він залишиться у свідомості людини на довший термін. Все це вимагає і надалі автоматизувати навчальний процес, тобто перетворювати звичайний матеріал у сукупність образів, сприятливих для тих, хто навчається. Вирішення задачі придбання практичних і теоретичних навиків за допомогою інтерактивного програмного забезпечення та використання його під час дистанційного навчання є ключовим у підготовці військовослужбовців в кризових умовах (пандемія, обстріли, відсутність можливості проводити очні заняття, недостатня кількість матеріально-технічного забезпечення занять) [2]. Таким чином метою дослідження у статті є аналіз особливостей впровадження інтерактивних комплексів у процес навчання розділів дисципліни військова підготовка під час дистанційного навчання у кризових умовах.

**Методика.** Для забезпечення досягнення мети статті пропонується провести ґрунтовний розгляд інформаційних, інтерактивних навчальних технологій із застосуванням тренажерних комплексів. Шляхом проведення аналізу розглянути суть інтерактивного навчання із застосуванням комп'ютерно-тренажерних комплексів і порівняти його із загальновідомими, традиційними підходами до навчання з предмету «Вогнева підготовка».

**Результати та їх обговорення.** Інновації в системі навчання вогневої підготовці із стрілецької зброї в кризових умовах проявляються в широкому впровадженні інформаційних технологій і створених на їх основі тренажерно-імітаційних засобів. Застосування тренажерно-імітаційних засобів в освітньому процесі у кризових умовах обумовлене як економічними міркуваннями так і безпекою навчання, можливістю корегування процесу моделювання, наявністю інформативного зворотного зв'язку з викладачем (інструктором), реалізацією різноманітних технологій навчання.

Комп'ютерно-тренажерні технології відповідно до цілей і завдань навчання використовують наступні методичні принципи застосування тренажерів: - раціональний розподіл завдань навчання по створюваних технічних засобах (тобто складність засобів, що розробляються, повинна відповідати значущості вирішуваних на них завдань підготовки); - узгодженість всіх засобів навчання вогневої підготовці із стрілецької зброї, що пов'язані між собою загальними і єдиними нормами оцінок (тобто перехід курсанта з одного технічного засобу вогневої підготовки на інший здійснюється тільки на основі оцінки його діяльності на попередньому засобі); - достатність кожного технічного засобу системи засобів вогневої

підготовки вирішувати певне коло завдань навчання, не дублюючи таких, що вирішуються на інших засобах системи; - перелік кількісних і технічних характеристик засобів, складових систем засобів вогневої підготовки вибирається з метою забезпечення безперервного процесу навчання при повному завантаженні засобів, що його реалізують. Даний принцип вимагає урахування специфіки діяльності фахівця в процесі навчання. При цьому найбільш складні для засвоєння елементи діяльності (дії, операції), що вимагають великих витрат часу, відпрацьовують на пристроях з більшою пропускну здатністю; - запозиченість досвіду використання в навчанні курсантів і експлуатації створених раніше тренажерних засобів. Нові засоби без значних змін в структурі навчального процесу вписуються в існуючу систему навчання, як методично так і конструктивно. Дослідження показують, що найбільша ефективність вогневої підготовки забезпечується при врахуванні індивідуальних особливостей стрільців – рівня їх антропометрично-психофізіологічної функціональної сумісності з певним типом зброї [3].

У комп'ютерно-тренажерній технології методи навчання реалізуються як взаємозв'язані цілеспрямовані способи пізнавальної діяльності викладача і навчаємих, що розвивають творче професійне мислення, забезпечують оволодіння фахівцями знаннями, практичними уміннями, навиками і формування у них професійно значущих якостей особистості. Комп'ютерно-тренажерні комплекси у дистанційному навчанні застосовуються: 1) при навчанні правилам стрільби з використанням навчаючих комп'ютерних програм; 2) при практичному виконанні елементів техніки стрільби, вправ; вирішенні завдань на тренажерах вогневої підготовки; 3) застосування психофізіологічних методик підготовки та оцінювання емоційної стійкості курсантів [4].

Дослідження поглядів і підходів різних наукових шкіл до комп'ютерно-тренажерних комплексів їх програмування і відповідно програмованого навчання дає підставу визначити його основні принципи [5]: 1) наявність мети, що піддається вимірюванню, і алгоритму досягнення цієї мети; 2) розподіл учбової частини на кроки, пов'язані з відповідною інформацією, яка забезпечує виконання кожного кроку; 3) завершення кожного кроку самоперевіркою, результати якої дають можливість судити про те, наскільки він успішний, і пропонувати курсанту достатньо ефективний засіб для цієї самоперевірки, а якщо потрібно, то і відповідної корегуючої дії; 4) використання автоматичного або напівавтоматичного пристрою; 5) індивідуалізація навчання (у достатніх і доступних межах); 6) забезпечення максимальної антропометрично-психофізіологічної сумісності людини та короствольної зброї шляхом її періодичного визначення [6]. Комп'ютерно - тренажерні технології дистанційного навчання є матеріальною основою програмованого навчання основою якого є навчальна програма – це спеціально створений на основі п'яти принципів програмованого навчання документ, який: 1) служить джерелом інформації; 2) організовує навчальний процес; 3) контролює ступінь засвоєння учбового матеріалу; 4) регулює темп вивчення матеріалу; 5) дає необхідні роз'яснення; 6) попереджає помилки і тому подібне. Оргтехніка яка використовується при програмованому навчанні, комп'ютерна техніка і відповідне програмне забезпечення дають можливість в процесі навчання на тренажерах контролювати виконання курсантами елементів техніки стрільби зі стрілецької зброї, ефективності вирішення поставлених завдань; виявляти допущені помилки, аналізувати їх і визначати способи їх усунення; вносити необхідні корективи в процес навчання

**Висновки.** Інформаційні та комп'ютерно тренажерні комплекси для дистанційного навчання дозволяють в умовах імітації різних нештатних ситуацій, що проєктуються на екран, здійснювати тренування і відпрацювання елементів тактичної стрільби, швидше і ефективніше оволодівати прийомами ведення бою в сучасних умовах. Перевагою є можливість забезпечення тренування основних груп курсантів початкового рівня навчання, які удосконалюють навички оволодіння табельною зброєю і груп спортивного вдосконалення, комплексом програм, відповідних певному рівню вогневої підготовки. Стримуючим чинником широкого застосування інтерактивного тиру є досить висока вартість програмного комплексу і апаратного забезпечення. Включення інформаційно та комп'ютерно тренажерних комплексів для дистанційного навчання в учбовий процес вогневої підготовки дозволить використовувати його в стрілецьких конференціях, в системах дистанційного і програмованого навчання.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про затвердження Концепції інформатизації Міністерства оборони України. Наказ Міністерства Оборони України № 650 від 17.09.2014. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0650322-14#Text>
2. Р. Тимошенко, С. Лук'яненко, і Д. Єфімов, “Можливості та досвід використання системи імітаційного моделювання JCATS при підготовці артилерійських підрозділів,” Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони, вип. 2(38), с. 139-166, 2020, doi: <https://doi.org/10.33099/2311-7249/2020-38-2-139-144>.
3. Г.Тіхонов, В. Баталюк, і В. Безуглий, “Підготовка апарату керівництва до командно-штабного навчання з використанням засобів імітаційного моделювання,” Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони, Вип. 3(36), с. 91-114, 2019, doi: <https://doi.org/10.33099/2311-7249/2019-36-3-109-114>.
4. O. V. Majstrenko, V. V. Prokopenko, V. I. Makeev, and E. G. Ivanyk, “Analytical methods of calculation of powered and passive trajectory of reactive and rocket-assisted projectiles,” Radio Electronics Computer Science Control, vol. 2, pp. 173-182, 2020, doi: <https://doi.org/10.15588/1607-3274-2020-2-18>.
5. С. Соколовський та інші, Підвищення ефективності проведення навчання за рахунок впровадження в навчальний процес засобів імітаційного моделювання, НДР, АСВ, Львів, № держреєстрації 0101U001560, 2013
6. Штофель Д. Х. Антропометрично-психофізіологічна функціональна сумісність людини і короткоствольної зброї / Д. Х. Штофель, С. В. Костішин, В. О. Гомолінський // Становлення особистості професіонала: перспективи й розвиток: матеріали III Всеукраїнської науково-практичної конференції ; м. Одеса, 19 лютого 2010 року. — Одеса : ОДУВС, 2010. — С. 323—421

#### INFORMATION AND COMPUTER TRAINING COMPLEXES FOR REMOTE STARTING

S. M. SUKHAII\*, A. V. BULGAKOV2

1.\*Caf. "Military training", Ukrainian State University of Science and Technology, st. Lazaryan, 2, Dnipro, Ukraine, 49010, , tel. mail Post office s.m.sukhai ust.edu.ua, ORCID: 0000-0003-3556-8135

2. Def. "Military training", Ukrainian State University of Science and Technology, st. Lazaryan, 2, Dnipro, Ukraine, 49010, no. Posta a.o bulhakow ust.edu.ua, ORCID: 0000-0003-1475-1348

**Abstract.** The article examines the nutritional development and promotion of the initial process of interactive initial training complexes (hereinafter referred to as INTC), which are intended for the development of the main sections of fire training (hereinafter referred to as VP) and the beginning of shooting with fire. It's impossible for the minds to hold face-to-face meetings. In this case, one of the methods of distance learning is the methodology and security program of the electronic compendium "Security Program" (hereinafter referred to as PZ). The installation of software and electronic benefits allows you to: perform interactive analysis and collection of data; enter the algorithm for the sequence of arrows to the right to fire; identify the spots that were small when aiming and performing ballistic irritations; provide necessary theoretical and preliminary information; Perform computer testing under the hour of remote learning (further DN). Propositions and considerations of INTC from VP and draft initial methodological recommendations for the subsequent development of this PP may have innovativeness, which suggests that it can be applied both when posted on the Internet and without access to any electronic devices, and it is especially important at this time remote learning. This technique significantly speeds up the time required for proper preparation of a special warehouse, changes material and physical expenses, and makes it possible to more accurately carry out activities without the help of special equipment.

**Keywords:** information technology, initial training complex, shooting simulators, algorithm, distance learning, computer testing, security software, shooting guard.

## REFERENCES

1. About the approval of the Concept of Informatization of the Ministry of Defense of Ukraine. Order of the Ministry of Defense of Ukraine No. 650 dated September 17, 2014. [Electronic resource]. Available: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0650322-14#Text>
2. R. Timoshenko, S. Lukyanenko, and D. Efimov, "Possibilities and evidence of the use of the JCATS simulation modeling system in the preparation of artillery units," *Current Information Technologies in the sphere of security and defense*, VIP. 2(38), p. 139-166, 2020, doi: <https://doi.org/10.33099/2311-7249/2020-38-2-139-144>.
3. G. Tikhonov, V. Bataluk, and V. Bezugliy, "Preparation of the security apparatus before command and staff beginning with the use of various methods of simulation modeling," *Current information technologies in the sphere of security and defense*, VIP. 3(36), p. 91-114, 2019, doi: <https://doi.org/10.33099/2311-7249/2019-36-3-109-114>.
4. O. V. Majstrenko, V. V. Prokopenko, V. I. Makeev, and E. G. Ivanyk, "Analytical methods of calculation of powered and passive trajectory of reactive and rocket-assisted projectiles," *Radio Electronics Computer Science Control*, vol. 2, pp. 173-182, 2020, doi: <https://doi.org/10.15588/1607-3274-2020-2-18>.
5. S. Sokolovsky and others, *Improving the effectiveness of the implementation of innovations in the initial process of simulation modeling*, NDR, DIA, Lviv, registration number 0101U001560, 2013
6. Shtofel D. Kh. *Anthropometric-psychophysiological functional capacity of people and short-barreled armor* / D. Kh. Shtofel, S. V. Kostishin, V. O. Gomolinsky // *Formation of the specialties of a professional: prospects and developments: mothers or III All-Ukrainian scientific and practical conferences*; m. Odessa, February 19, 2010. - Odessa: ODUVS, 2010. - P. 323-421

**СЕКЦІЯ 3 «ЛОГІСТИКА ТА ІНЖИНІРИНГ КРИЗ І РИЗИКІВ У СФЕРІ  
ТРАНСПОРТНИХ ПОСЛУГ»**

УДК 656.025.4: 338.432

**НОВІ ВИКЛИКИ ДЛЯ ЗЕРНОВОЇ ЛОГІСТИКИ НА ШЛЯХУ ДО ЗЕЛЕНОЇ  
СТРАТЕГІЇ В УКРАЇНІ**В.П ЯНОВСЬКА<sup>1\*</sup>, Л.А. НЕКРАСЕНКО<sup>2\*</sup>

<sup>1\*</sup>Каф. «Економіка, маркетинг та бізнес-адміністрування», Державний університет інфраструктури та технологій, вул. І. Огієнка, 19, м. Київ, 03049, Українська наукова діаспора в Польщі, м. Варшава, ел. пошта v.yanovska@ukr.net, ORCID 0000-0002-0648-3643

<sup>2\*</sup>Каф. «Економіка, маркетинг та бізнес-адміністрування», Державний університет інфраструктури та технологій, вул. І. Огієнка, 19, м. Київ, 03049, ел. пошта nekrasenko.la@gmail.com, ORCID ID 0000-0002-2867-6139

**Анотація.** Автори розглядають обмеження та досліджують альтернативні форми і способи доставки зернових продуктів до місць зберігання та реалізації. Значну увагу приділено визначенню поточного стану логістики зернових вантажів, формуванню пропозицій та визначення перспектив розвитку перевезень зернових продуктів з урахуванням існуючих проблем, потреб, а також перспектив зростання сільськогосподарського виробництва в Україні. Особливий акцент зроблено на необхідність адаптації логістики до основних положень Європейського законодавства та цілей European Green Deal які стосуються сталого розвитку і зменшення забруднення навколишнього середовища. Визначено залізничний транспорт як основний фактор виконання умови реалізації Зеленої угоди та вивчено вузькі місця які обмежують його використання.

*Ключові слова:* зернова логістика, вантажні перевезення, Зелена угода, автотранспорт, залізничний транспорт, водний транспорт.

**Вступ.** Однією з важливих галузей транспортної системи України є автомобільний транспорт, який має найбільший негативний вплив на навколишнє середовище. Враховуючи наміри України вступити до ЄС необхідно враховувати основні положення Європейського законодавства та цілі European Green Deal які стосуються сталого розвитку і зменшення забруднення навколишнього середовища (European Commission, 2019 [1]). На транспортному ринку ЄС автотранспортні компанії домінують за кількістю транспортних засобів та обсягами перевезень (Yanovska V., Kuryshchenko A., 2020 [0]), тому зниження викидів вихлопних газів є одним із пріоритетних шляхів покращення якості повітря, а отже, методів забезпечення вуглецевої нейтральності європейської економіки. Як наслідок, ефективні стимули та цілі для впровадження Зеленої угоди зосереджені насамперед на автотранспортних компаніях ЄС.

Політика стимулювання переходу від автомобільного транспорту до залізничного та водного транспорту в рамках Зеленої програми, спрямована на скорочення споживання палива, мінімізацію викидів забруднюючих речовин, зменшення інтенсивності руху та запобігання заторів на дорогах. Одним із політичних інструментів, на якому Комісія наголосила для досягнення цієї мети, була реструктуризація залізничних секторів країн-

членів. Таке рішення, як зазначають дослідники, на перший погляд є найменш очевидним політичним вибором серед альтернатив, включно з системою ціноутворення за Пігу (Pitman R., et al., 2020 [0]).

У попередні роки низка законодавчих ініціатив України була спрямована на реформування залізничного транспорту. Метою було створення умов для лібералізації транспортного ринку та розвитку конкурентного середовища в залізничному секторі, переважна більшість яких не була реалізована, внаслідок чого залізничний транспорт був зосереджений у сфері впливу компанії-монополіста. Наразі така ситуація зберігається, а стан залізничної інфраструктури та рухомого складу продовжує погіршуватися, що, як свідчать попередні дослідження, можна розглядати як результат дії гібридних загроз (Yanovska V., 2021 [5]).

Однією з важливих товарних груп, яка потребує нових підходів до диференціації транспортних потоків, є зернові вантажі. Вивчення ступеня залежності частки залізничних перевезень зернових вантажів від різних факторів впливу є вагомим складовою обґрунтованого вибору альтернатив та прийняття рішень щодо підвищення ролі залізничного транспорту на ринку транспортних послуг. Існує ряд обмежень для посилення конкурентоспроможності залізничного транспорту, які тісно пов'язані з дефіцитом інфраструктурних можливостей та з відсутністю конкуренції між транспортними компаніями (ТОК).

Після 24 лютого 2022 року нові виклики суттєво вплинули на логістичні мережі, зменшивши потенціал окремих ланцюгів постачання та спонукаючи до пошуку нових можливостей для розвитку зернової логістики в Україні та за її межами.

Важливість дослідження проблем зернової логістики актуалізується тим, що сільське господарство є однією з найважливіших галузей економіки України. Водночас Україна є одним із провідних світових виробників та експортерів зерна (Nekrasenko L., et al., 2020 [0]). Враховуючи важливість сільського господарства України на національному та світовому рівнях, варто, щоб українська сільськогосподарська продукція та пов'язані з нею ланцюги постачання були частиною економіки ЄС насамперед у контексті політики Зеленої угоди. Однак цей результат може залежати від обмежень росту.

**Мета.** Основною метою дослідження є виявлення обмежень та дослідження альтернативних форм і способів доставки зернових продуктів до місць зберігання та реалізації (порти). Актуальність проблеми полягає в тому, що сформовані тенденції перерозподілу транспортних потоків, потенціал збільшення обсягів перевезень зерна, умови реалізації Зеленої угоди вимагають покращення якості логістики та формування нових логістичних маршрутів, стикаючись з низкою обмежень, зумовлених поточним станом транспортної інфраструктури, повільними процесами розвитку транспортного ринку та інституційною неефективністю.

**Методологія.** У дослідженні буде розглянуто питання розвитку логістики вантажоперевезень зернових продуктів у наступному напрямі: визначення сучасного стану логістики зернових вантажів; ретроспективний аналіз та визначення основних тенденцій вантажоперевезень; визначення переваг та рівня ефективності перевезень вантажів різними видами транспорту; формування пропозицій та визначення перспектив розвитку перевезень зернових продуктів з урахуванням існуючих проблем, потреб, а також перспектив зростання сільськогосподарського виробництва в Україні. У дослідженні використовуватимуться теоретичні та емпіричні методи, науковий ретроспективний аналіз.

Для аналізу фактичного стану логістики зернових вантажів, визначення основних тенденцій останніх років, переваг та ефективності перевезень вантажів різними видами транспорту буде використано офіційну статистичну інформацію Європейського статистичного бюро (Євростат), Департаменту економічних і соціальних питань ООН, Державної служби статистики України (Укрстату), національних статистичних служб країн ЄС та інших баз даних, а також різні підходи до кількісної оцінки транспортних систем, а саме аналіз показників, таких як: частка сільського господарства, промисловості та послуг у ВВП; виробництво та експорт/імпорт зернових культур; індекси тарифів на перевезення зернових вантажів; обсяг перевезень зернових вантажів за видами транспорту показники ефективності логістики, показники сталого розвитку територій тощо.

Об'єктом дослідження було обрано українську зернову логістику, вибір якої обумовлено змінами способів транспортування зернових вантажів та тенденціями розвитку агропромислового комплексу. Дослідження спрямоване на пошук шляхів підвищення ефективності вантажних перевезень за рахунок зниження витрат і збільшення швидкості перевезень. Очікується, що результати дослідження підтвердять, що оптимізація транспортної інфраструктури України є важливою для сприяння зростанню експорту сільськогосподарської продукції та економіки в цілому. Результати можуть бути цінними для експортерів зернової продукції та урядовців.

**Результати та їх обговорення.** Залізничний транспорт забезпечує ефективне транспортування на великі відстані та формує важливу альтернативну магістраль зернової логістики. Побудова логістичних ланцюгів з інтенсивнішим використанням залізниць сприятиме зміцненню продовольчої безпеки та підвищенню резильєнтності експорту зернової продукції. За наявних умов основними видами транспорту, що беруть участь в транспортуванні вантажів альтернативними маршрутами є залізничний та автомобільний. Згідно статистики перетину кордону, слід підкреслити, що роль залізничного транспорту залишається провідною. Загальний вантажопотік на залізничних прикордонних переходах понад ніж у двічі (на 132,8 %) перевищує обсяг пропуску зернових вантажів, що перевозяться автомобілями. Між тим, залишаються суттєвими ризики вичерпання перевізних і пропускних можливостей і викликає занепокоєння відсутність потенціалу подальшого зростання обсягів залізничних перевезень зернових вантажів.

Основним вузьким місцем у розв'язанні проблеми інтенсивнішого використання залізниць у зерновій логістиці є завантажувальні потужності на західних кордонах та транспортні можливості залізниць ЄС. На перший погляд цілком обгрунтоване твердження, на користь якого свідчать дані статистики. Зокрема той факт, що у порівнянні з головними країнами-учасниками EU-Ukraine Solidarity Lanes (з EU-27 це Poland, Germany, Lithuania, Romania) за даними 2021 року загальний обсяг перевезень залізничного транспорту України (314,3 млн тон) поступався лише кількості перевезених тон вантажу залізницями Німеччини (363,6 млн тон). Але, слід припустити, що проблеми транспортування зернових вантажів з використанням залізничного транспорту є набагато ширшими, крім того різною є ступень важливості певних проблем.

На даний час перевізна та транскордонна пропускна спроможність залізниць у п'ять разів поступається традиційним ланцюгам постачання, значно послабленим з урахуванням наявних перешкод. Реакцією на блокування українських портів було створення у травні 2022 року альтернативних логістичних маршрутів з більш інтенсивним використанням інших видів

транспорту (rail, road and inland waterways через порти Дунаю) та організацією транспортування територією країн ЄС (EU-Ukraine Solidarity Lanes). Станом на серпень 2023 року шляхи солідарності дозволили Україні експортувати близько 44,4 млн тон зерна, олійних культур і супутніх продуктів (EU, 2023 [6]). Створення умов для швидкого вирішення логістичних проблем, пов'язаних із дефіцитом рухомого складу, пропускну здатністю транспортних мереж і перевантажувальних терміналів, проведенням митних операцій та інших перевірок, сприяло оптимізації процесів транспортування та збільшенню обсягів переробки та транзиту вантажів. Як свідчать статистичні дані, залізничні перевезення поступово збільшувалися, проте подальше зростання було обмежене пропускну здатністю прикордонних переходів та різною шириною колій в Україні та ЄС.

Після запуску зернових коридорів 71 % зернових вантажів було перевезено залізничним транспортом до морських портів, 29 % – до сухопутних переходів. Зважаючи на доцільність активної модернізації залізничного транспорту, як важливої складової логістичної мережі, здатної забезпечити резильєнтність зернових потоків, це має стати пріоритетом як з позицій продовольчої безпеки, так і в контексті реалізації European Green Deal. Крім того, за попередніми оцінками, українські виробники зацікавлені в диференціації логістичних маршрутів, насамперед за рахунок інтенсивнішого використання залізничного транспорту.

**Висновки.** Зернова логістика є стратегічною галуззю економіки України, яка визначає обсяг пропозиції та вартість основних видів продовольства для населення, формує значну частину доходів сільськогосподарських виробників, визначає стан і тенденції розвитку сільських територій, формує валютні надходження країни за рахунок експорту. Україна займає провідне місце серед світових виробників і експортерів зернових культур, з ростом експорту українського зерна на 77% за останні 10 років. Важливою складовою виробництва і експорту зерна є організація його логістики, включаючи транспортування, зберігання та переробку. Важливим аспектом є збільшення частки залізничного транспорту у зерновій логістиці, що має стати пріоритетом в контексті реалізації European Green Deal. У цій статті проведено аналіз можливостей та перспектив розвитку зернової логістики в Україні.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. The European Green Deal. Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions (COM(2019) 640 final)
2. Yanovska V., Kyrychenko A. Transport services market benchmarking: Ukraine – EU comparative analysis, *Economy of Ukraine*, 2020 (12): 3–20.
3. Pittman R., Jandová M., Król M., Nekrasenko L., Paleta T. The effectiveness of EC policies to move freight from road to rail: Evidence from CEE grain markets, *Research in Transportation Business & Management*, Volume 37, 2020, 100482, ISSN 2210–5395
4. Nekrasenko L., Pittman R., Doroshenko O., Chumak V., Doroshenko A. Grain logistics in Ukraine: the main challenges and effective ways to reach sustainability. *Economic Annals-XXI*, 178(7–8), 2019, 70–83
5. Yanovska V. Risk factors of destructive development of critical infrastructure (the case of railway transport of Ukraine), *Management and administration in the conditions of countering hybrid threats to national security: Materials of the II International Scientific and Practical Conference*, December 7, 2021, Kyiv: DUIT, KHNURE. 2021, 327–332.
6. Greenfield grain transshipment terminal on the border of Ukraine and Poland: a prefeasibility study, [Final] Analytical report, KSE, Center for Food and Land Use Research at Kyiv School of Economics, June 22, 2023, 71.

## NEW CHALLENGES FOR GRAIN LOGISTICS ON THE WAY TO A GREEN STRATEGY IN UKRAINE

V.P.YANOVSKA\*, L.A. NEKRASENKO\*

1\*Dep. «Economics, Marketing and Business Administration», Kyiv State University of Infrastructure and Technologies, 19 Ohiienska Street, 03049 Kyiv, Ukraine, Ukrainian scientific diaspora in Poland, Warsaw, Poland, e-mail v.yanovska@ukr.net, ORCID 0000-0002-0648-3643

2\*Dep. «Economics, Marketing and Business Administration», Kyiv State University of Infrastructure and Technologies, 19 Ohiienska Street, 03049 Kyiv, Ukraine, e-mail nekrasenko.la@gmail.com, ORCID ID 0000-0002-2867-6139

**Abstract:** The authors consider the limitations and explore alternative forms and methods of delivery of grain products to storage and sales locations. Considerable attention was paid to the determination of the current state of grain cargo logistics, the formation of proposals and the determination of prospects for the development of transportation of grain products, taking into account the existing problems, needs, as well as prospects for the growth of agricultural production in Ukraine. Special emphasis was placed on the need to adapt logistics to the main provisions of European legislation and the goals of the European Green Deal, which relate to sustainable development and reduction of environmental pollution. Railway transport has been determined as the main factor in fulfilling the conditions for the implementation of the Green Deal, and the bottlenecks that limit its use have been studied.

**Keywords:** grain logistics, freight transportation, Green Deal, motor transport, railway transport, water transport.

1. The European Green Deal. Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions (COM (2019) 640 final) (in English)

2. Yanovska V., Kyrychenko A. Transport services market benchmarking: Ukraine – EU comparative analysis, *Economy of Ukraine*, 2020 (12): 3–20. <https://doi.org/10.15407/economyukr.2020.12.003> (in English)

3. Pittman R., Jandová M., Król M., Nekrasenko L., Paleta T. The effectiveness of EC policies to move freight from road to rail: Evidence from CEE grain markets, *Research in Transportation Business & Management*, Volume 37, 2020, 100482, ISSN 2210–5395, <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2020.100482> (in English)

4. Nekrasenko L., Pittman R., Doroshenko O., Chumak V., Doroshenko A. Grain logistics in Ukraine: the main challenges and effective ways to reach sustainability. *Economic Annals-XXI*, 178(7–8), 2019, 70–83, <https://doi.org/10.21003/ea.V178-06> (in English)

5. Yanovska V. Risk factors of destructive development of critical infrastructure (the case of railway transport of Ukraine), *Management and administration in the conditions of countering hybrid threats to national security: Materials of the II International Scientific and Practical Conference*, December 7, 2021, Kyiv: DUIT, KHNURE. 2021, 327–332 (in English)

6. Greenfield grain transshipment terminal on the border of Ukraine and Poland: a prefeasibility study, [Final] Analytical report, KSE, Center for Food and Land Use Research at Kyiv School of Economics, June 22, 2023, 71, [https://kse.ua/wp-content/uploads/2023/07/D3\\_Greenfield\\_grain\\_transshipment\\_terminal\\_on\\_the\\_border\\_of\\_Ukraine.pdf](https://kse.ua/wp-content/uploads/2023/07/D3_Greenfield_grain_transshipment_terminal_on_the_border_of_Ukraine.pdf) (in English)

УДК 656.078: 338.1

## СУЧАСНИЙ ЛАНДШАФТ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНОГО СЕКТОРУ ЕКОНОМІКИ: РОЛЬ СЕРВІСУ ТА ЦИФРОВИХ ПЛАТФОРМ

В.П ЯНОВСЬКА<sup>1\*</sup>, О.Г ПАРФЕНТЬЄВА<sup>2\*</sup>

<sup>1\*</sup>Каф. «Економіка, маркетинг та бізнес-адміністрування», Державний університет інфраструктури та технологій, вул. І. Огієнка, 19, м. Київ, 03049, Українська наукова діаспора в Польщі, м. Варшава, ел. пошта v.yanovska@ukr.net, ORCID 0000-0002-0648-3643

<sup>2\*</sup>Каф. «Економіка», Національний транспортний університет, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, м. Київ, 02000, ел. пошта alepagn@ukr.net, ORCID ID 0000-0002-5946-9490

**Анотація.** Існуючі транспортно-логістичні компанії потребують адаптації до нових умов. Швидкість адаптації до зміни зовнішнього середовища визначає рівень конкурентоспроможності на ринку, ефективність і резильєнтність економічної діяльності, сталість економічного зростання. Метою дослідження є вивчення та опис ландшафту сучасних бізнес-моделей транспортно-логістичних компаній, з урахуванням трендів розвитку сервісу та напрямів цифрової трансформації. Для досягнення мети використано методи аналізу, синтезу, класифікації, графічного представлення результатів, розглянуто типові бізнес-моделі компаній, що працюють на ринку логістики та транспортування. За результатами сформовано структурно-функціональну модель, що урахує сучасний ландшафт транспортно-логістичного сектору економіки. Висновки свідчать, що глобалізація економіки та розвиток інформаційно-комунікаційних технологій сприяють створенню та стрімкому масштабуванню інноваційних бізнес-моделей, суттєвій трансформації логістичної складової ринку.

*Ключові слова:* транспорт, логістика, компанії, бізнес-моделі, вантажні перевезення, пасажирські перевезення, сервіс, цифрові платформи.

**Вступ.** Транспортні системи та логістичні ланцюги постачання стрімко змінюються в процесі глобалізації економіки та розвитку інформаційно-комунікаційних технологій. Нові сервіси та цифрова трансформація бізнесу сприяють створенню інноваційних бізнес-моделей, що забезпечують широку диференціацію перевізних послуг і послуг мобільності.

**Мета і методологія.** З метою опису ландшафту сучасних бізнес-моделей транспортно-логістичних компаній, з урахуванням трендів розвитку сервісу та напрямів цифрової трансформації було використано методи аналізу та синтезу, класифікації та графічного представлення результатів. Розглянуто типові бізнес-моделі компаній, що працюють на ринку логістики та транспортування.

**Результати та їх обговорення.** Один з підходів до поділу галузевого ринку, запропонований Klaus P. та Kille C. (Klaus P., Kille C., 2007 [16]), описує модель, що відповідає фактичній практиці і передбачає виокремлення дев'ять сегментів за критеріями функціонального контексту та засобами транспортування. Сектори у моделі розташовані в послідовності, від переважно масових транспортних послуг до більш логістично диференційованих і за масштабом менших одиниць: (1) масова логістика (Bulk Logistics), (2) повне завантаження контейнерів (Full

Container Load, FCL) з прямим транспортуванням від пункту відправлення до пункту призначення за допомогою неспеціалізованого обладнання, (3) менше завантаження контейнерів (Less than Truck Load, LTL), (4) спеціалізовані транспортні перевезення, включаючи автомобільні перевезення, транспортування у цистернах, зерновозах, тощо, (5) кур'єрські, експрес-посилки та послуги посилок (Courier, Express and Parcel Services, CEP), (6) контрактна логістика (Contract Logistics), включаючи розподіл споживчих товарів, (7) загальні складські та термінальні операції, (8) морські вантажні, експедиторські та морські портові операції, (9) авіаційні вантажні операції. Як підкреслюють дослідники, релевантною є не лише діяльність постачальників логістичних послуг і транспортних компаній, але й пов'язана з логістикою діяльність усіх первинних і вторинних секторів економіки, а також сектору торгівлі (Meyer-Rühle O., et al., 2008 [17]). У сфері логістики надаються послуги контрактної логістики (Contract Logistics, PLs) та експедирування вантажів (Freight Forwarding). Логістичні компанії пропонують логістичну аутсорингову підтримку, включаючи складські операції, допомагають з транспортуванням товарів та іншими видами діяльності, інтегрованими у ланцюги постачання, та надають низку додаткових послуг з інтеграцією ІТ-систем, управлінням запасами, звітністю.

Залежно від моделі управління ланцюгами постачання (Supply Chain Management, SCM) логістичні оператори поділяють на п'ять груп (xPL), від найпростіших, базових конфігурацій до найсучасніших рішень (від 1PL до 5PL). Така еволюція складності xPL-операторів зумовлена зростанням спектру транспортно-логістичних послуг, але за певних умов кожна форма ринку має свою нішу і успішно бере участь у бізнесі. Перша група (First Party Logistics, 1PL) представляє компанії, які здійснюють власну логістичну діяльність і не отримують логістичної допомоги від аутсорсингових компаній. Друга (Second Party Logistics, 2PL) – спеціалізується на одній ділянці ланцюга постачання, зазвичай транспортуючи товари з однієї точки в іншу, і є власником транспортних засобів. Третя (Third Party Logistics, 3PL) – надає логістичні послуги. Четверта (Fourth Party Logistics, 4PL) є інтеграцією компаній. Відповідно до цієї моделі планування, організація та контроль логістичних процедур із довгостроковими стратегічними цілями забезпечується одним постачальником послуг, який комплексно інтегрує компетенції сторонніх постачальників логістики (3PL), передових консалтингових організацій і постачальників технологій. П'ята група (Fifth Party Logistics, 5PL) зосереджена на наданні інтегрованих логістичних рішень у межах ланцюга постачання з координацією та інтеграцією процесів усередині та між компаніями. Експедиторські компанії забезпечують транспортування вантажів, використовуючи одного або кількох перевізників і комбінуючи способи доставки, діють як посередники між вантажовідправниками, транспортними та логістичними компаніями, через мережеві зв'язки із галуззю мають вплив на тарифи, надають послуги митної та іншої документації, додаткові послуги, зокрема складське зберігання.

Делегуючи логістичні операції сторонній логістиці (Third-Party Logistics, TPL), вантажовідправники можуть заощадити час і ресурси, оскільки це дозволяє їм зосередитися на власних пріоритетах без необхідності залучення внутрішніх експертів з логістики. З розвитком аутсорсингу транспортних і логістичних функцій внутрішня логістична діяльність втрачає значення, але її обсяг залишається суттєвим. Приблизно 50 % усіх витрат на логістику припадає на внутрішні (In-house) або інсорсингові (In-sourced) операції, тоді як інші 50 % припадають на аутсорс (Outsourced) стороннім постачальникам. За оцінками Європейської комісії довгострокові договірні відносини вантажовласників в сегменті контрактної логістики

становлять 16 % загальної глобальної логістики. А загалом витрати на логістику складають близько 10–15 % кінцевої вартості продукції (European Commission [18]). Такий рівень частки логістичних витрат еквівалентний даним по Україні. За інформацією Державної служби статистики України питома вага транспорту, складського господарства, поштової та кур'єрської діяльності в загальному випуску товарів і послуг за даними 2020 року сягає 5,5 %. Зважаючи, що розподіл вартості між внутрішньою та зовнішньою логістикою становить 1:1, можна припустити, що частка вартості транспортно-логістичних послуг з урахуванням інсорсингових логістичних операцій дорівнює 11 %.

Користуючись підходом Klaus P. та Kille C. (Klaus P., Kille C., 2007 [16]), сферу перевезення пасажирів також можна представити у вигляді моделі, що передбачає поділ на сегменти за критеріями функціонального контексту та засобами транспортування. В такому разі секторами транспортно-логістичного ринку будуть: (1) міські перевезення транспорту загального користування (Urban Logistics), (2) масові перевезення пасажирів залізничним транспортом, (3) регіональні та міжнародні перевезення автобусами, (4) обслуговування пасажирів та термінальні операції в аеропортах, (5) авіаційні пасажирські перевезення, (7) перевезення пасажирів внутрішнім водним та морським транспортом, (8) мобільність пасажирів (Passenger Mobility) з використанням приватних транспортних засобів, (9) операції із надання транспортних послуг спільної мобільності (Shared Mobility), (10) обслуговування сервісів замовлення поїздок (Ride Hailing Services), (11) сервіси реалізації проїзних документів, (12) сервіси маршрутизації та моніторингу руху в режимі реального часу, (13) комплексна пропозиція мобільності як послуги (Mobility-as-a-Service, MaaS).

Традиційна система пасажирських перевезень має логістичну складову інтегровану у функціонал транспортних компаній (операторів перевезень (Public Transport), компаній транспортної інфраструктури). У такому контексті логістика являє собою сукупність процесів ефективного забезпечення організації руху засобів відповідно до запитів споживачів та згідно із транспортною політикою. Як наслідок елементи логістичних функцій (зокрема з проектування, планування та контролю) делеговано органам державного, регіонального та місцевого управління. Елементи логістичного забезпечення простежуються також у сегменті мобільності з використанням приватних транспортних засобів (Private Transport). З одного боку, в процесах приватної мобільності вирішальну роль відіграють безпосередні споживачі транспортних послуг в наслідок широкого особистого або індивідуального використання парку власних автомобілів та активного розвитку інших видів приватного транспорту. Але, з іншого боку, для ефективного функціонування даного сегменту створюється інфраструктура та формуються дієві умови для безпечного переміщення. Крім того, з проривним розвитком інформаційно-комунікаційних технологій з'являються та масово використовуються сервіси маршрутизації та моніторингу руху.

Останні десятиліття завдяки появі та стрімкому масштабуванню нових моделей транспортного обслуговування, у тому числі логістики спільного використання транспортних засобів (Sharing Logistics) і сервісів замовлення поїздок (Hailing Service), логістична складова ринку транспортно-логістичних послуг суттєво трансформується і стає помітнішою. Сучасні дослідники підкреслюють, що підвищення доступності даних про місцезнаходження та постійно зростаюча кількість рішень у сфері інформаційно-комунікаційних технологій, зокрема додатків на основі смартфонів, змінюють попит і пропозицію транспорту та серед інших ефектів створюють можливості для запровадження та розгортання широкого спектру

транспортних послуг, а також перегляду моделей власності на транспортні засоби (Circella G., Alemi F., 2018 [19]). Серед нових технологічних варіантів транспортування – послуги спільної мобільності (Shared-Mobility Services), що поєднують переваги мобільного зв'язку та миттєвого бронювання з принципами економіки спільного використання (Sharing Economy), чим відокремлюють доступ до транспортних послуг від постійних витрат на володіння автомобілем і пропонують декільком групам споживачів варіанти здебільшого дешевші, ніж утримання власних транспортних засобів.

До нових моделей транспортного обслуговування належать: (1) каршеринг (Carsharing, CS), що передбачає спільне користування парком автотransпортних засобів, як правило, на погодинній основі та може бути організований групами зацікавлених осіб, крупними роботодавцями, транспортними операторами, групами людей або великими підприємствами; (2) райдшеринг (Ride-Sharing) або карпулінг (Carpooling) є спільним використанням поїздок – способом для кількох пасажирів дістатися до місця, куди вони прямують, скориставшись одним транспортним засобом (автомобілем або мікроавтобусом); (3) райдхейлінг (Ride-Hailing) є способом користування послугами, а не спільними поїздками, коли пасажир наймають особистого водія, який доставить до місця призначення; (4) мобільність як послуга (Mobility-as-a-Service, MaaS) забезпечує спрощений зв'язок між користувачами та службами мобільності через технологічну платформу та дозволяє планувати, бронювати та оплачувати широкий спектр послуг транспортної мобільності для задоволення потреби подорожі. Моделі однорангової архітектури систем (рівний до рівного – Peer-to-Peer, P2P), зокрема каршеринг, райдшеринг, райдхейлінг, що належать до P2P спільної мобільності (Shared Mobility), пропонують основні можливості відповідно до логіки двостороннього ринку. Фізичні особи можуть використовувати моделі як постачальники автомобільних послуг, пропонуючи поїздки або надаючи в оренду власні автомобілі через онлайн-платформу P2P, зберігаючи при цьому законне право власності. Також можуть отримувати доступ до додатків P2P обміну як користувач автосервісу для обміну поїздками та оренди автомобілів. P2P-системи спільної мобільності, як і економіку спільного використання загалом, побудовано на цифровій економіці (Digital Economy), в якій дані безпрецедентно стимулюють обмін і створення цінностей. Платформа P2P, як комерційна компанія, узгоджує або з'єднує попит і пропозицію та організовує процес обміну, в результаті чого, завдяки збору й аналізу даних, надає інформацію для ефективного задоволення потреб постачальників і користувачів. Таким чином реалізація спільної мобільності відбувається у трикутнику акторів: постачальник платформи, постачальник рівноправних послуг і клієнт.

Загальноєвропейське дослідження мобільності пасажирів показало, що у 2021 році громадяни ЄС проїжджали 27 км в день із середньою тривалістю поїздки 80 хвилин, при цьому перевага надавалась автомобілю, яким було здійснено майже половину поїздок. До наступних за популярністю видів мобільності належало пересування пішки і велосипедом. Дослідження також демонструє високий рівень привабливості нових форм мобільності. Найбільше споживачів користується послугами райдхейлінгу (23 %) і райдшерингу (12 %) (European Commission, 2022 [20]), що вказує на значний потенціал подальшого використання та розповсюдження шерінгових бізнес-моделей і появу інших видів P2P платформ, що цілком очікувано у вік бурхливого розвитку цифрової економіки.

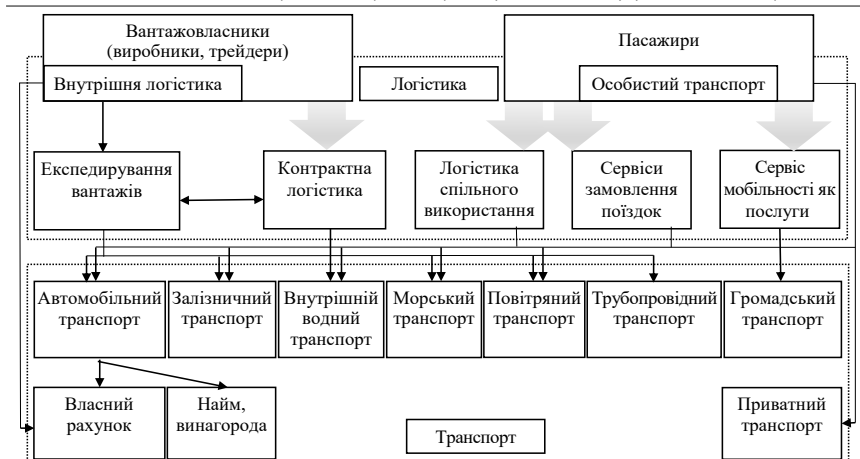


Рис. Ландшафт транспортно-логістичного сектору економіки

**Висновки.** Як свідчать представлені результати, глобалізація економіки та розвиток інформаційно-комунікаційних технологій сприяють створенню та стрімкому масштабуванню інноваційних бізнес-моделей, суттєвій трансформації логістичної складової ринку.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Klaus P., Kille C. Top 100 in European Transport and Logistic Services: Market Sizes, Market Segments and Market Leaders in the European Logistics Industry. Deutsche Verkehrs-Verlag, 2007, 384 pp.
- Meyer-Rühle O., Beige S., Greinus A., Erhardt T., Bozuwa J., Harmsen J., Kok R., Kille C., Hua-Kellermann N., Roth M., Burg R., Röhling W. Final Report Statistical coverage and economic analysis of the logistics sector in the EU (SEALS) Prepared for the European Commission, DG Energy and Transport. Basel – Rotterdam – Nürnberg – Denzlingen, December, 2008, 335 pp.
- Logistics. Logistics and multimodal transport. European Commission. [https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/logistics-and-multimodal-transport/logistics\\_en](https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/logistics-and-multimodal-transport/logistics_en)
- Circella G., Alemi F. Transport Policy in the Era of Ridehailing and Other Disruptive Transportation Technologies. Advances in Transport Policy and Planning, 2018, Vol. 1, pp. 119–144. <https://doi.org/10.1016/bs.atpp.2018.08.001>
- New Mobility Patterns Study: insights into passenger mobility and urban logistics. European Commission, Directorate-General for Mobility and Transport, 20 December 2022. [https://transport.ec.europa.eu/news-events/news/new-mobility-patterns-study-insights-passenger-mobility-and-urban-logistics-2022-12-20\\_en](https://transport.ec.europa.eu/news-events/news/new-mobility-patterns-study-insights-passenger-mobility-and-urban-logistics-2022-12-20_en)

---

## THE CURRENT LANDSCAPE OF THE TRANSPORT AND LOGISTICS SECTOR OF THE ECONOMY: THE ROLE OF SERVICE AND DIGITAL PLATFORMS

V.P.YANOVSKA1, O.H. PARFENTIEVA2

1 Dep. «Economics, Marketing and Business Administration», Kyiv State University of Infrastructure and Technologies, 19 Ohiienska Street, 03049 Kyiv, Ukraine, Ukrainian scientific diaspora in Poland, Warsaw, Poland, e-mail v.yanovska@ukr.net, ORCID 0000-0002-0648-3643  
2 Dep. «Economics», National Transport University, str. M. Omelianovycha-Pavlenka, 1, Kyiv, Ukraine, 02000, e-mail mail.alenagp@ukr.net, ORCID ID 0000-0002-5946-9490

**Abstract:** Existing transport and logistics companies need to adapt to new conditions. The speed of adaptation to changes in the external environment determines the level of competitiveness in the market, the efficiency and resilience of economic activity, and the sustainability of economic growth. The purpose of the study is to study and describe the landscape of modern business models of transport and logistics companies, taking into account the trends of service development and directions of digital transformation. To achieve the goal, methods of analysis, synthesis, classification, graphical presentation of results were used, and typical business models of companies operating in the logistics and transportation market were considered. Based on the results, a structural and functional model was formed that takes into account the modern landscape of the transport and logistics sector of the economy. The conclusions show that the globalization of the economy and the development of information and communication technologies contribute to the creation and rapid scaling of innovative business models, the significant transformation of the logistics component of the market.

*Keywords:* transport, logistics, companies, business models, cargo transportation, passenger transportation, service, digital platforms.

### REFERENCES

1. Klaus P., Kille C. Top 100 in European Transport and Logistic Services: Market Sizes, Market Segments and Market Leaders in the European Logistics Industry. Deutsche Verkehrs-Verlag, 2007, 384 pp.
2. Meyer-Rühle O., Beige S., Greinus A., Erhardt T., Bozuwa J., Harmsen J., Kok R., Kille C., Hua-Kellermann N., Roth M., Burg R., Röhlings W. Final Report Statistical coverage and economic analysis of the logistics sector in the EU (SEALS) Prepared for the European Commission, DG Energy and Transport. Basel – Rotterdam – Nürnberg – Denzlingen, December, 2008, 335 pp.
3. Logistics. Logistics and multimodal transport. European Commission. [https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/logistics-and-multimodal-transport/logistics\\_en](https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/logistics-and-multimodal-transport/logistics_en)
4. Circeola G., Alemi F. Transport Policy in the Era of Ridehailing and Other Disruptive Transportation Technologies. Advances in Transport Policy and Planning, 2018, Vol. 1, pp. 119–144. <https://doi.org/10.1016/bs.atpp.2018.08.001>
5. New Mobility Patterns Study: insights into passenger mobility and urban logistics. European Commission, Directorate-General for Mobility and Transport, 20 December 2022. [https://transport.ec.europa.eu/news-events/news/new-mobility-patterns-study-insights-passenger-mobility-and-urban-logistics-2022-12-20\\_en](https://transport.ec.europa.eu/news-events/news/new-mobility-patterns-study-insights-passenger-mobility-and-urban-logistics-2022-12-20_en)

УДК 658

## АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ РІЗНИХ ЗАСОБІВ КРІПЛЕННЯ ОЗБРОЄННЯ, ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ

Є. А. МАКСИМЕНКОВ<sup>1</sup>, М. Ю. КОБИЛЯНСЬКИЙ<sup>2</sup>, В. В. ГУДИМОВ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Кафедра військової підготовки спеціалістів Держспецтрансслужби, Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел.пошта: [y.a.maksymenkov@ust.edu.ua](mailto:y.a.maksymenkov@ust.edu.ua), ORCID:0000-0002-9608-7301

<sup>2</sup>Управління військових сполучень на Придніпровській залізниці, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта: [mirtou2015@gmail.com](mailto:mirtou2015@gmail.com), ORCID: 0009-0005-7920-7067

<sup>3</sup>Кафедра військової підготовки спеціалістів Держспецтрансслужби, Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел.пошта: [v.v.hudimov@ust.edu.ua](mailto:v.v.hudimov@ust.edu.ua), ORCID: 0000-0002-6630-650X

**Анотація.** Основною метою дослідження є формування пропозицій щодо покращення способів кріплення озброєння, військової техніки (далі – ОВТ) при перевезенні залізничним транспортом в складі військових ешелонів та військових транспортів. Пропозиції сформовано на основі досвіду організації військових перевезень під час повномасштабного вторгнення росії в Україну та аналізу вимог керівних документів, щодо кріплення ОВТ на залізничному рухомому складі. Способи і умови розміщення та кріплення ОВТ на залізничному рухомому складі, а також матеріали і засоби кріплення, які використовуються для цього визначені Технічними умовами навантаження і кріплення вантажів (далі – Технічні умови). Технічні умови є обов'язковими для дотримання всіма учасниками перевезення вимогами щодо розміщення, закріплення, способу навантаження, розвантаження, забезпечення безпеки руху, збереження залізничного рухомого складу та вантажів [1].

**Ключові слова:** *військові перевезення, військові залізничні перевезення, способи кріплення, багаторазові засоби ув'язки, комплекти універсальних багатообертових кріплень.*

**Вступ.** Через вторгнення окупаційних військ росії в нашої державі значно зросло обсяги військових залізничних перевезень. Військові залізничні перевезення – перевезення залізничним транспортом військових ешелонів, військового транспорту, військових команд та військових пасажирів [2]. Відповідно до [2] військові залізничні перевезення в особливий період здійснюються в першочерговому порядку, а правила розміщення та кріплення військових вантажів на рухомому складі, в тому числі відкритому встановлюються спільним наказом Міноборони і Мінінфраструктури. Враховуючи те, що на даний час порядок розміщення та кріплення військових вантажів на рухомому складі не затверджено основним нормативно-правовим документом, який визначає способи і умови розміщення та кріплення ОВТ на залізничному рухомому складі, а також матеріали і засоби кріплення, які використовуються для цього є Технічні умови [4]. Технічними умовами визначаються вимоги щодо розміщення та кріплення ОВТ на залізничному рухомому складі при здійсненні військових залізничних перевезень в межах країни. У міжнародному сполученні процедури закріплення військової гусеничної та колісної техніки на залізничному рухомому складі визначені в [7].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблемні питання організації процесу виконання військових перевезень, розглядалися в [5]. Аналіз способів кріплення при перевезенні озброєння, військової техніки залізничним транспортом проведено в [6]. Пропозиції щодо покращення способів кріплення ОВТ при перевезенні залізничним транспортом відсутні.

**Основний матеріал дослідження.** Аналізуючи досвід здійснення військових залізничних перевезень здійснених з початку повномасштабного вторгнення окупаційних військ росії в Україну звертає на себе той факт, що більшість ОВТ закріплюється на залізничному рухомому складі за допомогою дротових розтяжок та дерев'яних брусків. Для розміщення й закріплення техніки за таким способом застосовують дротові розтяжки (ув'язки, обв'язки, стяжки), дерев'яні упорні й бокові бруски, підкладки, прокладки, розпірні бруски, стійки, каркаси, касети, піраміди, ложементи, турнікети, скоби, цвяхи тощо. Відповідно до вимог [3, 4] повторне використання дроту, брусків, цвяхів, скоб заборонено. В той самий час ті зразки ОВТ, які надають Україні наші партнери, як правило, закріплюються на залізничному рухомому складі за допомогою комплектів універсальних багатооберткових кріплень або багаторазових засобів ув'язки відповідно до вимог [7].

Для виготовлення розтяжок, обв'язок, стяжок, ув'язок використовується сталевий дріт, термічно оброблений (відпалений), круглого перерізу, діаметром не менше 4 мм, без тріщин, закручувань та інших дефектів або квадратного перерізу, виготовлений відповідно до чинних державних стандартів України. Розтяжки встановлюють таким чином, щоб одночасно кути між розтяжкою і підлогою вагона, між проекцією розтяжки на підлогу вагона й поздовжньою віссю вагону не перевищували  $45^\circ$  (рис. 1). Якщо такі кути забезпечити неможливо, то дозволяється їх збільшення з обов'язковим збільшенням перетину розтяжок відповідно до показників вказаних в таблиці 1.

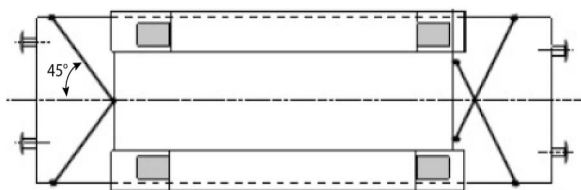


Рис. 1 Кут між проекцією розтяжки на підлогу вагона й поздовжньою віссю вагону.

Кількість ниток у розтяжках в залежності від кута встановленої розтяжки

Таблиця 1.

Кут між проєкцією розтяжки на підлогу вагона та поздовжньою віссю вагона в плані, градуси	Кількість ниток при куті між розтяжкою та підлогою вагона, шт.							
	45 та менше	46 – 50	51 – 55	56 – 60	61 – 65	66 – 70	71 – 75	76 – 80
45 та менше	1	1,5	1,5	1,5	2	2,5	3	4
46 – 50	1,5	1,5	1,5	2	2	2,5	3	–
51 – 55	1,5	1,5	1,5	2	2,5	3	3,5	–
56 – 60	1,5	2	2	2	2,5	3	4	–
61 – 65	2	2	2,5	2,5	3	3,5	–	–
66 – 70	2,5	2,5	3	3	3,5	–	–	–
71 – 75	3	3	3,5	4	–	–	–	–
76 – 80	4	–	–	–	–	–	–	–

Кількість ниток дроту в розтяжці також залежить від ваги ОВТ. Не допускається виготовляти розтяжки (обв'язки, ув'язки, стяжки) числом ниток більше ніж 8 при діаметрі дроту від 6мм. Скручування розтяжки має бути рівномірним по всій її довжині. Пристосування для скручування має встановлюватися посередині між ув'язувальними пристроями вагона і вантажу (ув'язувальним пристроєм вагона і перегином на вантажі, місцями перегину на вантажі). Допускається при довжині розтяжки (обв'язки) більше ніж 1,5 м скручувати її в 2 місцях, не допускаючи розкручування скрученої раніше ділянки.

Витрати матеріалів для кріплення військових гусеничних машин (далі ВГМ) та колісної техніки наведені в таблицях 2 і 3.

Таблиця 2. Витрати матеріалів для кріплення ВГМ.

Вага машини, тонн	Кількість ниток дроту в розтяжці, шт.	Витрата дроту на машину з урахуванням ув'язки бортів платформ		Кількість скоб на упорний брусок, шт.	Усього скоб на машину*, шт.
		кг	пог. м		
До 15	4	10,0	45	3**	12**
15,1 – 25	6	14,5	65	4	16
25,1 – 50	8	19,0	85	4	16

\* Кількість скоб без урахування додаткового кріплення від поперечного переміщення.

\*\* Кількість скоб без урахування додаткового закріплення від поперечного переміщення.

\*\* Замість двох скоб дозволяється застосовувати вісім цвяхів діаметром 6 мм та довжиною 200 мм.

Таблиця 3. Витрати матеріалів для кріплення колісних машин.

Вага однієї колісної машини, тон	Кількість дровових розтяжок на колісну машину, шт.	Кількість ниток дроту діаметром 6 мм в одній розтяжці, шт.
Для колісних машин із гальмами		
До 2,0	4	2
2,1 – 4,0	4	2
4,1 – 6,3	4	2
6,4 – 12,0	4	4
12,1 – 18,0	4	6
18,1 – 24,0	4	8
24,1 – 30,0	8	6
30,1 – 40,0	8	8
Для колісних машин без гальм		
До 3,5	4	2
3,6 – 7,0	4	4
7,1 – 10,0	4	6

Дерев'яні деталі кріплення (упорні і бокові бруски, вкладиші, підкладки, прокладки, розпірні бруски, стійки) виготовляють тільки із якісної деревини. Забороняється використовувати осику, вільху, липу й сухостійну деревину інших порід. У деталях кріплення з твердих порід (дуб, граб тощо) для цвяхів просвердлюють отвори. Розміри упорних брусків встановлюють залежно від ваги ВГМ або діаметру колеса. Бокові бруски для закріплення ВГМ повинні мати розміри не менше ніж 100x100x2000 мм. Для колісних машин на одиночних вагонах з діаметром коліс до 1200 мм включно розміри брусків повинні бути не менше ніж 75x100x500 мм, при більшому діаметрі – не менше ніж 150x200x700 мм. Для колісних машин на зчехах розміри бокових брусків з діаметром коліс до 1200 мм включно – не менше ніж 75x100x500 мм, при більшому діаметрі – не менше ніж 150x200x1000 мм. [4]

Розрахунки показують, що для перевезення одного умовного батальйону в складі 78 одиниць різноманітної колісної техніки прогнозована вартість витрачених для кріплення ОВТ матеріалів (дріт, деревина, цвяхи, скоби) становить на даний час приблизно 60 000 гривень (це біля 3м<sup>3</sup> брусу, біля 150 кг цвяхів та понад 500 кг дроту). Відповідно до наявного досвіду здійснення військових залізничних перевезень в середньому один батальйон здійснює 2-4 перевезення на рік [5]. Тобто, витрати тільки на матеріали у випадку кріплення ОВТ за допомогою дровових розтяжок та дерев'яних брусків складають від 240 000 до 480 000 грн/рік. В той самий час, ринкова вартість комплектів універсальних багатообертових кріплень станом на вересень 2023 року становить: УБК-1КМ (для колісної техніки вагою до 15 т) – 4200 грн/комплект, УБК-2КМ (для колісної техніки вагою до 25 т) – 5300 грн/комплект, УБК – 1Г, 2Г (для кріплення ВГМ) – 2400 грн/комплект. Таким чином, для забезпечення умовного батальйону (який має в своєму складі 78 зразків різноманітної колісної техніки) комплектами універсальних багатообертових кріплень орієнтовна необхідна сума складає 370 000 – 400 000 грн. Що, в свою чергу, дорівнює витратам на матеріали у випадку кріплення ОВТ за допомогою дровових розтяжок та дерев'яних брусків за один-два роки. Слід також зазначити, що при використанні комплектів універсальних багатообертових кріплень для кріплення ОВТ на залізничному рухомому складі також скорочується час на здійснення операцій

навантаження/вивантаження на 40% [3], що безпосередньо впливає на забезпечення живучості наших сил та засобів та підвищує їх мобільність.

**Висновки.** Результатами даного дослідження є висновок, що масове застосування способу кріплення ОБТ на залізничному рухомому складі за допомогою комплектів універсальних багатообертових кріплень замість сьогоденного розповсюдженого способу кріплення ОБТ за допомогою дротових розтяжок та дерев'яних брусків має не тільки економічний ефект, що дозволяє більш раціонально використовувати кошти платників податків, але й дозволить скоротити часові показники на здійснення операцій з навантаження/вивантаження військових ешелонів. Що, в свою чергу, призведе до збільшення живучості наших сил та засобів.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

2. Про затвердження Статуту Залізниць України: постанова Кабінету Міністрів України. №457 – 1998. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/457-98-п>
2. Про затвердження Порядку організації діяльності залізничного транспорту під час здійснення військових залізничних перевезень: постанова Кабінету Міністрів України. № 891-2015. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/891-2015-п>
3. Про затвердження Положення з військових перевезень залізничним, морським, річковим та повітряним транспортом : Наказ Міністерства оборони України. № 595. 2013. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1662-13>
4. Технічні умови розміщення і кріплення вантажів, Додаток 3, Том 1, 2. URL: [https://uz.gov.ua/cargo\\_transportation/legal\\_documents/smgs/dod3\\_2023/](https://uz.gov.ua/cargo_transportation/legal_documents/smgs/dod3_2023/)
5. Гаврилюк І. Ю. Робота органів військового управління щодо організації та забезпечення військово-вих перевезень протягом 2014–2016 років з урахуванням досвіду проведення антитерористичної операції. Збірник наукових праць Військової академії м. Одеса. 2016. No (2). С. 60–68.
6. Bekh, P. V., Gudimov, V. V., & Maksimenkov, Y. A. (2023). Analysis of fastening methods during the transportation of weapons and military equipment by rail transport. *Systems and Technologies*, 65(1), 77-93. <https://doi.org/10.32782/2521-6643-2023.1-65.10>
7. STANAG 2468. Technical aspects of the transport of military materials by railroad. AMovP-4(A)

Y. MAKSYMENKOV<sup>1</sup>, M. KOBLYANSKYI<sup>2</sup>, V. HUDIMOV<sup>3</sup>

#### USE EFFECTIVENESS ANALYSIS OF VARIOUS MEANS OF SECURING WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT DURING TRANSPORTATION BY RAILWAY TRANSPORT

<sup>1</sup>Department of military training of state special transport service specialists, Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail: [y.a.maksymenkov@ust.edu.ua](mailto:y.a.maksymenkov@ust.edu.ua), ORCID:0000-0002-9608-7301

<sup>2</sup>Regional military transportation department at the Prydniprovsk railway, D.Yavornitskogo Ave, 108, Dnipro, Ukraine, 49038, e-mail: [mirrou2015@gmail.com](mailto:mirrou2015@gmail.com), ORCID: 0009-0005-7920-7067

<sup>3</sup>Department of military training of state special transport service specialists, Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail: [v.v.hudimov@ust.edu.ua](mailto:v.v.hudimov@ust.edu.ua), ORCID: 0000-0002-6630-650X

**Abstract:** The main purpose of the study is to form proposals for improving the methods of securing weapons and military equipment during transportation by railway transport as part of troop

trains and military transport. The proposals are based on the experience of organizing military transportation during Russia's full-scale invasion to Ukraine and the requirement analysis of the guidelines for securing weapons and military equipment on railway rolling stock. The methods and conditions for placing and securing weapons and military equipment on railway rolling stock, as well as the materials and means of fastening used for this purpose, are defined in the Technical Conditions for Loading and Securing Cargo (hereinafter referred to as the Technical Conditions). The Technical Conditions are mandatory for all participants in transportation to comply with the requirements for placement, fastening, loading, unloading, traffic safety, and safety of railway rolling stock and cargo [1]

*Keywords:* military transportation, military railway transportation, methods of fastening, reusable means of tying, sets of universal multi-rotating fasteners.

УДК 359

### **ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕРЕРВНОСТІ ВІЙСЬКОВИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ. БЕЗПЕКА ПІД ЧАС ВИВАНТАЖЕННЯ ВІЙСЬКОВИХ ЕШЕЛОНІВ ТА ТРАНСПОРТІВ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ БОЙОВИХ ДІЙ**

Гудімов В. В., „Каф. «Військової підготовки», Українській державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна. Тел: 0676053376. ел. пошта [gudviktor777@gmail.com](mailto:gudviktor777@gmail.com), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6630-650X>  
Осадчий К. В., Каф. «Військової підготовки», Українській державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна. Тел: 0682594712 ел. пошта [ne.varuy.u.vora@gmail.com](mailto:ne.varuy.u.vora@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-4121-0606>

*Анотація:* Забезпечення безперервності військових перевезень та збереження безпеки під час вивантаження військових ешелонів та транспортів є критичними аспектами в умовах проведення бойових дій, що вимагають ретельної підготовки, координації та застосування відповідних засобів та стратегій. І саме для цього перед вивантаженням військової частини визначаються райони. Організація охорони і оборони районів, а також підготовка районів розвантаження, перевантаження, шляхів висування військових частин (автомобільних доріг), а також облаштування укриттів для особового складу та пунктів управління покладаються на командирів військових частин, які перевозяться. Розвантаження військового ешелону починається за командою начальника військового ешелону. Особовий склад висаджується з вагонів та прямує у складі підрозділів до місць розвантаження озброєння та військової техніки. Розвантаження озброєння та військової техніки виконується з використанням усіх вантажно-розвантажувальних пристроїв, пристосувань та механізмів, які є в наявності.

*Ключові слова:* залізничний транспорт, військові перевезення, транспортні засоби, військовий ешелон, вантажно-розвантажувальне місце.

**Вступ** Однією з найважливіших умов, що забезпечують безперервність перевезень у сучасній війні, є комплексне використання всіх видів транспорту, під яким слід розуміти узгоджену їх роботу, що здійснюється на основі загального плану під єдиним керівництвом з метою безперебійного забезпечення перевезень військ та різноманітних матеріальних засобів.

Залізничний транспорт є самим потужним видом сухопутного транспорту, здатним виконувати масові перевезення військ і вантажів на великі відстані. Головною його перевагою

є високі швидкості й більша провізна спроможність, регулярність роботи в будь-яких погодних умовах, а також у різні пори року та доби.

На сьогодні у Збройних Силах України створена система підвезення матеріальних засобів, яка в основному задовольняє потреби військ, що задіяні до виконання завдань в бойових операціях.

**Мета.** Метою роботи є проведення аналізу організації безперервності військових перевезень в умовах ведення бойових дій Збройними Силами України. Наразі важливим є питання готовності здійснювати переміщення військових частин (підрозділів) в короткі строки, не порушуючи їх цілісності, із забезпеченням можливості раптового переходу до виконання завдань за призначенням, що є невід'ємною складовою військових операцій (бойових дій). На станціях вивантаження організувати вивантаження організовано в найкоротші терміни, скритно та виключити раптове ураження особового складу, ОБТ і МГЗ.

**Методика.** Висвітлено проблемні питання під час вивантаження військових ешелонів та транспортів в сучасних умовах. Визначені комплексні заходи, спрямовані на оптимізацію часових показників та витрат часу на розвантажувальні операції. На підставі проведеного аналізу надаються пропозиції для організованого вивантаження ешелонів.

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

#### **Виклад основних матеріалів дослідження.**

Забезпечення безперервності військових перевезень та збереження безпеки під час вивантаження військових ешелонів та транспортів є критичними аспектами в умовах проведення бойових дій, що вимагають ретельної підготовки, координації та застосування відповідних засобів та стратегій. І саме для цього перед вивантаженням військової частини визначаються такі райони:

1. Район збору і зосередження військової техніки та особового складу.
2. Основний район розвантаження для ефективного вивантаження військового обладнання і матеріалів.
3. Запасний район розвантаження, який може бути використаний у разі потреби або надзвичайних обставин.

Зазвичай райони розвантаження включають кілька станцій з відповідними засобами для вантажно-розвантажувальних операцій та доступними автомобільними дорогами, що забезпечують зв'язок між ними. Район зосередження військових після розвантаження призначається на відстані 3-5 кілометрів від району розвантаження або станції розвантаження. У випадку, коли військові частини розташовані дуже близько до станцій навантаження (розвантаження), райони очікування можуть не створюватися. Організація охорони і оборони районів, а також підготовка районів навантаження (розвантаження, перевантаження), шляхів висування військових частин (автомобільних доріг), а також облаштування укриттів для особового складу та пунктів управління покладаються на командирів військових частин, які перевозяться. Наступним невід'ємним етапом в ланцюгу подій які забезпечують безперервність військових перевезень є підготовка вантажно-розвантажувального місця. Підготовка місця для вантажно-розвантажувальних робіт включає наступні кроки:

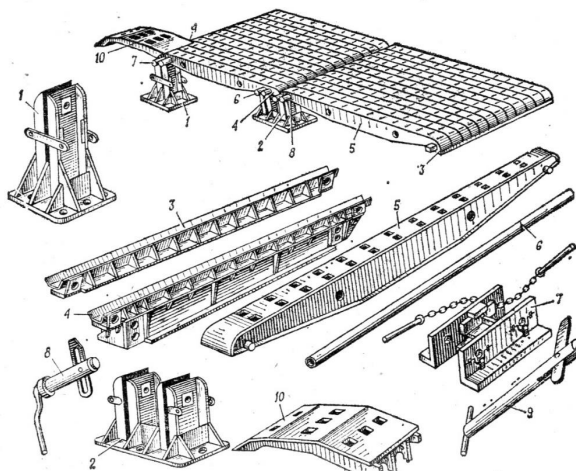
1. Навантаження (розвантаження) військових ешелонів проводиться на спеціальних вантажно-розвантажувальних місцях на станціях, які оснащені наступними компонентами:
  - Залізнична колія (або декілька колій) для маневрування вагонів.
  - Постійна (стаціонарна) навантажувально-розвантажувальна платформа або майданчик з встановленими на ньому збірно-розбірними металевими апарелями (ЗРМА).

- Під'їзні шляхи до вантажно-розвантажувальної платформи.
  - Спеціальні пристрої, вантажно-розвантажувальні пристрої (перехідні містки), необхідні матеріали та інструменти.
2. Вантажно-розвантажувальні платформи поділяються на різні типи в залежності від їх розташування відносно залізничних колій:
    - Бокові суцільні або секційні, розташовані вздовж залізничної колії.
    - Торцеві, розташовані в тупиках.
    - Комбіновані, які об'єднують бокову і торцеву платформи.
    - Острівні, розташовані між залізничними коліями.
  3. Встановлення ЗРМА, постачання матеріалів та інструментів проводиться зусиллями підприємств, установ та організацій транспорту, спеціальних бригад, із залученням військових частин, які перевозяться.
  4. Для навантаження (розвантаження) матеріальних засобів військового ешелону використовуються вантажно-розвантажувальні пристрої та механізаційні засоби.
  5. У випадку необхідності, відповідно до узгодження з залізницею, можуть бути використані існуючі або зведені на місці спеціальні пристрої вантажно-розвантажувального місця, такі як водорозбірні крани, колонки, постійні або польові туалети, стаціонарне електричне освітлення з можливістю світломаскування, засоби для забезпечення зв'язку з військовим комендантом на транспорті та укриття для особового складу.

Ці заходи є обов'язковими для забезпечення успішного та безпечного навантаження та розвантаження військового обладнання та матеріалів під час військових перевезень.

Для навантаження (вивантаження) можуть використовуватись такі методи як:

### 1. Збірно-розбірні металеві апарелі

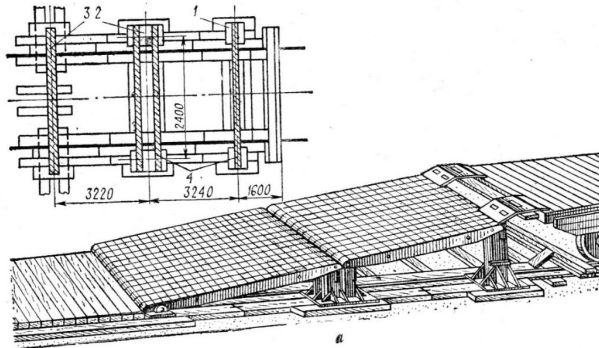


Мал. 1. Елементи збірно-розбірної металеві апарелі:

1 - передня опора; 2 - середня опора; 3 - нижня опора; 4 - поперечна балка; 5 - прогін;  
6 - з'єднувальна труба; 7 - з'єднувальний ланцюг; 8 - замок-шарнір; 9 - штир-обмежувач; 10 - перехідний місток.

Збірно-розбірні металеві апарелі (ЗРМА) призначені для завантаження та розвантаження озброєння та військової техніки, які мають вагу до 60 тон або можуть бути завантажені на вісь до 20 тон. Їх можна встановлювати для завантаження з торця або збоку. Торцева ЗРМА складається з однієї секції, тоді як бокова ЗРМА має кілька секцій, залежно від довжини навантаження.

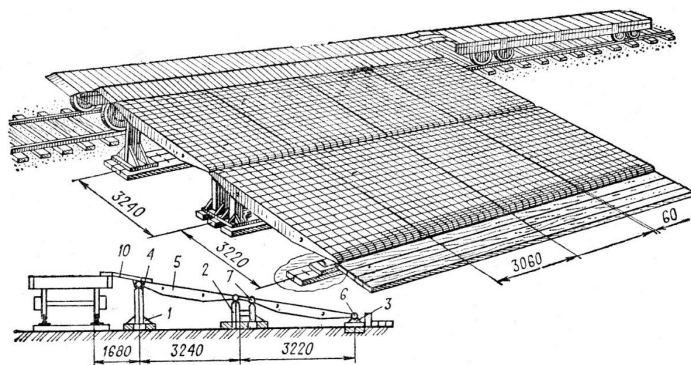
**Під час збирання торцевої ЗРМА необхідно:**



- Підготувати основу зі шпал та закріпити їх між собою та з колійними шпалами будівельними скобами.
- Встановити опори на підготовлену основу зі шпал.
- Розмістити поперечні балки між опорами та закріпити їх за допомогою штирів.
- Прикріпити опорні плити до передніх опор.
- Перевірити положення середніх та нижніх опор щодо передньої опори та прикріпити їх до основи зі шпал.
- Встановити всі інші прогони апарелі та вставити з'єднувальні труби в опорні труби прогонів.
- Закріпити сполучні ланки на кінцях поперечних балок та нижній опори.
- Створити упори для рухомого складу зі шпал та забезпечити правильну відстань між головкою автозчеплення залізничної платформи та кінцями прогонів апарелі.
- Укласти з'їзд із шпал з апарелі та залізничної колії.
- Після подачі рухомого складу під навантаження (розвантаження), перехідні містки повинні бути встановлені.

Для укладання основи торцевої апарелі потрібно від 28 шпал, а для з'їзду - до 50 шпал.

Час, потрібний на збірку торцевої апарелі бригадою (командою) з 12 осіб, становить від 35 до 50 хвилин.

**Під час збирання бокової ЗРМА необхідно:**

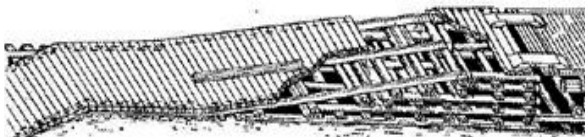
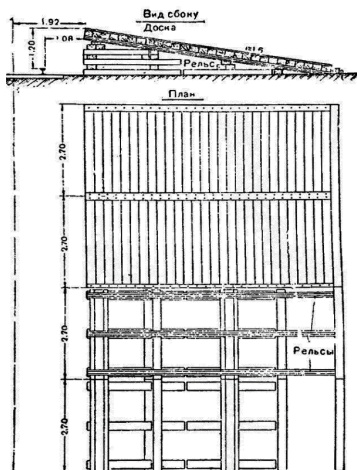
- Підготувати горизонтальну площадку для основи зі шпал.
- Закріпити шпалі основу, обираючи кілька шпал для передніх та середніх опор, і дві шпали для нижніх опор (якщо є тверде покриття).
- Встановити опори для першої секції апарелі з відстанню до головки ближньої рейки.
- Збирати інші секції апарелі та закріплювати поперечні балки та опори.
- Встановити настил з ряду шпал біля нижніх опор для полегшення заїзду (з'їзду) техніки.
- З'єднати шпалі настилу та закріпити їх між собою.

Час, потрібний на збірку бокової апарелі з чотирьох секцій бригадою (командою) з 12 осіб, становить від 2 до 2,5 годин.

**2. Збірно-розбірні платформи та апарелі з рейок та шпал**

Збірно-розбірні платформи та апарелі з рейок та шпал можуть бути різних типів. Найбільш часто збирають бічні платформи або апарелі довжиною 4-6 шпал з суцільним з'їздом,

покладеним перпендикулярно залізничному шляху, а також платформи торцевих торцевих апарат шириною в одну або дві шпали.



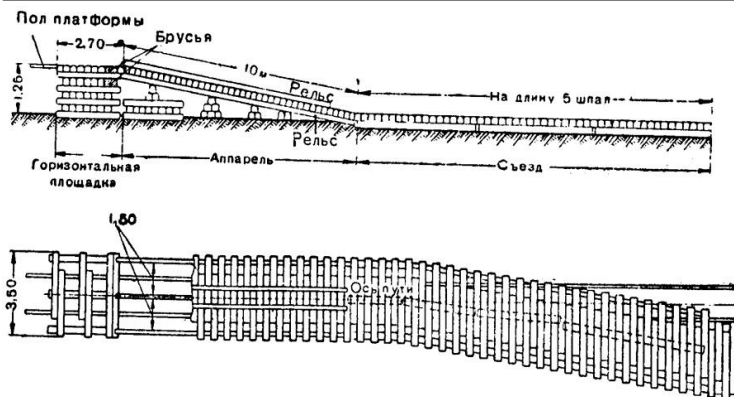
Для збору платформ і апаратей дотримуйтеся такої послідовності дій: спочатку підготуйте площадку, потім розташуйте шпальні кільця для горизонтальної частини платформи або шпальну основу для апаратей. Наступним кроком буде збір опорної частини для з'їзду та встановлення рейок. Далі прокладіть шпальний настил для горизонтальної частини і з'їзду платформи або шпальний настил для апаратей.

Також не забудьте встановити шпальний настил, який захищає рейки та колію від пошкоджень і полегшує заїзд техніки, особливо якщо ви складаєте торцеву платформу на прямому шляху.

#### **Бокові апаратей встановлюються таким чином:**

На відстані 1080 мм від зовнішнього краю головки рейки будуються шпальні клітки поруч одна з одною вздовж колії. Перші ряди кожної клітки бокової апаратей шириною в дві, три і чотири шпали розміщуються перпендикулярно до осі колії. Другі ряди шпал вкладаються паралельно колії, причому найближчу до колії шпалу кладуть на рівні з кінцями шпал першого ряду, а наступну - на відстані 40-50 см від протилежних кінців шпал першого ряду. Треті ряди шпал кладуться над шпалами першого ряду, а четверті ряди - над шпалами другого ряду. У п'ятому ряду кладуть шпали довжиною 1,8 м і під їхні кінці в четвертому ряду підкладають додаткову шпалу. Ближні до колії кінці шпал п'ятого ряду розміщують поруч, паралельно колії, дві шпали, і на них - першу опорну шпалу. Першу опорну шпалу вкладають підшвами донизу під кінці двох рейок, а інші кінці опирають у землю. Після вкляднення рейок, вони підводять другу опорну шпалу, розташовуючи її на шпалі четвертого ряду. Для вкляднення третьої опорної шпали після клітки шпал вкладають перпендикулярно до колії в фасад першого ряду. На них, приблизно в середині, паралельно колії, вкладають поруч дві шпали, які є основою для третьої опорної шпали. Четверту опорну шпалу вкладають безпосередньо на землю. До нижніх кінців рейок вкладають опорну шпалу і закріплюють її цвяхами. Опорні шпали підводять під рейки і прибивають рейки до шпал за допомогою костилів. Шпальний настил вкладають знизу вгору і закріплюють його дошками шириною 5 см. Шпальні клітки скріплюють скобами. Бокові апаратей збираються з шириною не менше 8,1 м, тобто з трьох шпал.

У випадку підготовки до завантаження та розвантаження серії ешелонів із великою кількістю матеріальної частини, бокові апаратей збираються з шириною в чотири шпали (10,8 м).



На торці залізничної платформи, на яку заплановано завантаження (розвантаження), встановлюється спеціальна апарель.

Перші шпали цієї апарелі вкладаються вздовж колії, одну із них - точно посередині між рейками, а дві інші - з обох боків на відстані 530 мм від зовнішніх граней головок рейсів. Шпали другого ряду вкладаються парами, так, щоб загальна довжина пари складала 3,5 м. Шпали наступних не парних рядів розташовуються над шпалами першого ряду, а шпали парних рядів - над шпалами другого ряду. Для вкладання апарельних рейсів замість двох шпал шостого ряду використовують дві перемички. Три апарельних рейси довжиною 8-10 м вкладають одним кінцем на перемички шостого ряду апарелі, а іншим кінцем вони опираються на баласт колії. У торць шпал першого ряду апарелі, вздовж колії, вкладають додаткові шпалки, на яких збираються апарелі для встановлення проміжних опор. Проміжні опори потрібно встановлювати так, щоб відстань між ними становила приблизно 1,5 м і для того, щоб апарельні рейси тісно прилягали до них знизу.

Апарельні рейси прикріплюють до верхніх і проміжних опор за допомогою костильців. Шпальний настил вкладають шириною 3,5 м. В середині шпального настилу апарелі на ширині 25-30 см вкладають пару рейсів, які прикріплюють до шпального настилу за допомогою костильців.

Для захисту верхньої частини колії від пошкодження під час в'їзду танків на бічну апарель з кінця апарелі встановлюється дерев'яне перекриття (з'їзд), поступово виходячи на бічну площадку.

Також можливо розвантаження ешелону за допомогою залізничної платформи, і відбувається наступним чином:

З під останньої платформи ешелону за допомогою двох домкратів виганяється крайній візок. Край платформи, з під якого був вигнаний візок, домкратами опускається на рейки, на які завчасно були подкладені шпали.

Відповідно, таким чином формується **торцева апарель**, за допомогою якої і відбувається вивантаження ешелону.

#### **Розвантаження військового ешелону**

- розвантаження військового ешелону починається за командою начальника військового ешелону. Особовий склад висаджується з вагонів та прямує у складі підрозділів до місць розвантаження озброєння та військової техніки.

Розвантаження озброєння та військової техніки виконується з використанням усіх вантажно-розвантажувальних пристроїв, пристосувань та механізмів, які є в наявності;

У разі псування або втрати майна з вагонів начальник військового ешелону разом з працівниками органів військових сполучень і залізничного транспорту складає акти, проводить оцінку зіпсованого (загубленого) майна; вантажно-розвантажувальні пристрої та матеріали для одноразового кріплення збираються силами вантажно-розвантажувальних команд військового ешелону та складаються у визначеному працівниками станції місці, вагони очищуються від сторонніх предметів. Борти платформ та двері (люки) критих вагонів зачиняються.

**Висновок.** Для організованого розвантаження ешелонів і військових транспортів – необхідно провести підготовку шляхів сполучення, засобів транспорту, рухомого складу, особового складу, підготовки техніки, майна і вантажів. Ешелони потрібно розвантажувати організовано, скритно, і бажано в нічний час. Ешелони потрібно розосереджувати і маскувати під час розвантаження. Обов'язково на розвантаженні повинен бути командир групи протиповітряної оборони з програмним забезпеченням “Віраж”, який надасть своєчасно оперативну інформацію.

### Список літератури

1. Закон України «Про транспорт» (із змінами і доповненнями)
2. Закон України «Про функціонування єдиної транспортної системи України в особливий період» (із змінами і доповненнями)
3. Про затвердження Положення з військових перевезень залізничним, морським, річковим та повітряним транспортом : наказ Міністра оборони України від 05.09.2013 р. № 595. Офіційний вісник України. 2013. №78. С. 126;
4. Про затвердження Порядку організації діяльності залізничного транспорту під час здійснення військових залізничних перевезень : постанова Кабінету міністрів України від 4 листопада 2015 р. № 891. Офіційний вісник України. 2015. №90. С. 49.
5. Організація пересування частин залізничних військ: навчальний посібник /Київ.– 2001 р.
6. Наказ Міністра оборони України № 210 від 07.05.2019
7. Система розгортання та переміщення об'єднаних сил в операціях за стандартами НАТО (Allied Deployment and Movements System): навчальн . посіб. – [П.І. Смолич, А.. С. Барарига] К :НУОУ ім. Івана Черняховського , 2016.

### УДК 359

#### ENSURING THE CONTINUITY OF MILITARY TRANSPORTATION. SAFETY DURING THE UNLOADING OF MILITARY ECHOLETS AND VEHICLES DURING COMBAT OPERATIONS.

Gudimov V.V., „Caf. "Military Training", Ukrainian State University of Science and Technology, str. Lazaryana, 2, Dnipro, Ukraine. Tel: 0676053376. Email: gudvikt777@dmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6630-650X>

Osadchii K.V. Department of "Military Training", Ukrainian State University of Science and Technology, str. Lazaryana, 2, Dnipro, Ukraine. Tel: +380682594712  
e-mail [ne.varuy.u.vora@gmail.com](mailto:ne.varuy.u.vora@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-4121-0606>

*Abstract: Ensuring the continuity of military transportation and maintaining safety during the unloading of military echelons and transports are critical aspects in the conditions of hostilities, requiring careful preparation, coordination and application of appropriate means and strategies. And it is precisely for this purpose that the districts are determined before the military unit is unloaded. The organization of the protection and defense of areas, as well as the preparation of areas for unloading and reloading, routes for the advance of military units (roads), as well as the arrangement of shelters for personnel and control points are entrusted to the commanders of the military units being transported. The unloading of the military echelon begins at the command of the commander of the military echelon. The personnel disembark from the wagons and go as part of units to the places where weapons and military equipment are unloaded. Unloading of weapons and military equipment is carried out using all available loading and unloading devices, devices and mechanisms.*

*Keywords: railway transport, military transport, vehicles, military echelon, , loading and unloading place.*

#### **List of references**

1. Law of Ukraine "On Transport" (with changes and additions)
2. Law of Ukraine "On the functioning of the unified transport system of Ukraine in a special period" (with amendments and additions)
3. On the approval of the Regulation on military transportation by rail, sea, river and air transport: order of the Minister of Defense of Ukraine dated 09/05/2013 No. 595. Official Gazette of Ukraine. 2013. No. 78. P. 126;
4. On approval of the Procedure for the organization of rail transport activities during military rail transports: Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated November 4, 2015 No. 891. Official Gazette of Ukraine. 2015. No. 90. P. 49.
5. Organization of the movement of parts of railway troops: training manual / Kyiv. - 2001 6. Order of the Minister of Defense of Ukraine No. 210 dated May 7, 2019
6. System of deployment and movement of joint forces in operations according to NATO standards (Allied Deployment and Movements System): educational. Manual – [P.I. Smolych, A.. S. Bararyga] К .:NUOU named after Ivan Chernyakhovsky, 2016.

#### **УДК 359.1**

### **ПРОБЛЕМИ ПІД ЧАС ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕРЕРВНОСТІ ВІЙСЬКОВИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ. БЕЗПЕКА ПІД ЧАС НАВАНТАЖЕННЯ ВІЙСЬКОВИХ ЕШЕЛОНІВ ТА ТРАНСПОРТІВ**

Гудімов В. В., Каф. «Військової підготовки», Українській державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2 ,Дніпро, Україна.Тел: 0676053376.  
ел.пошта [gudviktor777@dmail.com](mailto:gudviktor777@dmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6630-650X>

Максименков С. А., Каф. «Військової підготовки», Українській державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна. Тел: 0686913961  
ел.пошта [y.a.maksymenkov@ust.edu.ua](mailto:y.a.maksymenkov@ust.edu.ua) , ORCID:0000-0002-9608-7301

*Анотація: Логістичне забезпечення органів і підрозділів, які прямують до справного організування функціонування логістичної системи, результативного використання транспортної мережі і транспортних засобів, а також забезпечення військам усього, що їм є необхідним для життя і проведення операцій під час війни. Воно полягає у координації, плануванні, організуванні, стимулюванні і контролюванні використання різноманітних засобів постачання, а також реалізації широкої гами спеціалізованих і господарсько-побутових послуг. Метою логістичного забезпечення Збройних Сил є задоволення потреб військ у засобах, необхідних їм для життя і проведення мілітарних і позамілітарних операцій, та забезпечення здатності людського потенціалу, а також озброєння і військового обладнання до проведення бойових дій.*

*Для організованого навантаження (вивантаження), просування на шляху проходження ешелонів і військових транспортів – необхідно провести підготовку шляхів сполучення, засобів транспорту, рухомого складу, особового складу, підготовки техніки, майна і вантажів.*

*Ключові слова: Логістика, військові перевезення, залізниця, залізничні дільниці, навантажувально-вивантажувальне місце, станція.*

## Вступ

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

В даний час мають місце дві суперечливі тенденції:

- перша – безупинне збільшення матеріальних потреб військ при веденні бойових дій, а значить і обсягів підвезення;

- друга – усе більше ускладнення умов підвезення матеріальних засобів військам, що ведуть бойові дії через високу уразливість вузлів доріг, великих мостів і інших об'єктів на шляхах сполучення, автомобільних колон, польових магістральних трубопроводів, інших інфраструктурних об'єктів від ракетних авіаційних ударів високоточної зброї противника, дій диверсійно-розвідувальних груп противника в глибині тилкових смуг оперативних угруповань.

Головна проблема – ураження місць навантаження (вивантаження) військових ешелонів та транспортів високоточною зброєю противника (ракет, бомби).

**Мета.** Метою роботи є проведення аналізу організації безперервності військових перевезень в умовах ведення бойових дій Збройними Силами України. Наразі важливим є питання готовності здійснювати переміщення військових частин (підрозділів) в короткі строки, не порушуючи їх цілісності, із забезпеченням можливості раптового переходу до виконання завдань за призначенням, що є невід'ємною складовою військових операцій (бойових дій). На станціях навантаження організувати навантаження не великими гупами, скритно та виключити раптове ураження особового складу, ОБТ і МтЗ.

**Методика.** Висвітлено проблемні питання під час навантаження військових ешелонів та транспортів в сучасних умовах. Визначені комплексні заходи, спрямовані на оптимізацію часових показників та витрат часу на вантажно-розвантажувальні операції. На підставі проведеного аналізу надаються пропозиції для організованого навантаження (вивантаження) ешелонів.

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

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

### **Виклад основних матеріалів дослідження**

На сьогодні у Збройних Силах України створена система підвезення матеріальних засобів, яка в основному задовольняє потреби військ, що задіяні до виконання завдань в бойових операціях. Постачальні військові залізничні перевезення – перевезення залізничним транспортом військових вантажів для забезпечення виконання завдань Збройними Силами України.

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

- наявність єдиної нормативно-правової бази щодо організації логістичного забезпечення Збройних Сил;
- централізована організація планування логістичного забезпечення військових перевезень усіма видами транспорту та підвезення МтЗ;
- модульний та територіальний принцип побудови інфраструктури логістики;
- баланс між ефективністю логістичного забезпечення та досягнення максимальної економії державних коштів;

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

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

Підготовка військової частини до перевезення починається з моменту видачі наказу і проводиться під керівництвом начальників ешелонів.

Підготовка складається з підготовки особового складу, підготовки техніки, майна і вантажів.

**Підготовка особового складу передбачає:**

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

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

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

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

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

На станції навантаження начальник військового ешелону разом із офіцером ЗКУ проводять рекогносцировку навантажувально-розвантажувальних місць і підходів до них з району очікування. При прибутті на станцію навантаження й зворотньо начальник військового ешелону проводить рекогносцировку маршруту прямування до місця навантаження, з'ясовує можливі шляхи обходу, уточнює місця розташування підрозділів у районі очікування, намічає заходи по забезпеченню безпеки прямування ешелону через залізничні переїзди, а також заходи для ППО, захисту від ураження ВЗ, організації зв'язку й охорони ешелону при навантаженні. По закінченні рекогносцировки начальник військового ешелону дає вказівки по маскуванню, а також визначає послідовність виходу підрозділів на навантажувально-згіднорозвантажувальні місця і доповідає командирю частини свої пропозиції по організації перевезення ешелону.

**Висновок.** Для організованого навантаження (вивантаження), просування на шляху проходження ешелонів і військових транспортів – необхідно провести підготовку шляхів сполучення, засобів транспорту, рухомого складу, особового складу, підготовки техніки, майна і вантажів. Ешелони потрібно навантажувати не до повного складу потягу, а робити дроблення (малими групами) і вивозити їх в нічний час до найближчих сортувальних станцій. Ешелони потрібно розосереджувати і маскувати під час навантаження (вивантаження). Обов'язково на навантаженні повинен бути командир групи протиповітряної оборони з програмним забезпеченням “Віраж”.

**Список літератури**

1. Закон України «Про транспорт» (із змінами і доповненнями)
2. Закон України «Про функціонування єдиної транспортної системи України в особливий період» (із змінами і доповненнями)
3. Про затвердження Положення з військових перевезень залізничним, морським, річковим та повітряним транспортом: наказ Міністра оборони України від 05.09.2013р. №595. Офіційний вісник України. 2013. №78. С. 126;

4. Про затвердження Порядку організації діяльності залізничного транспорту під час здійснення військових залізничних перевезень : постанова Кабінету міністрів України від 4 листопада 2015 р. № 891. Офіційний вісник України. 2015. №90. С. 49.

5. Організація пересування частин залізничних військ : навчальний посібник/Київ.– 2001 р.

6. Система розгортання та переміщення об'єднаних сил в операціях за стандартами НАТО (Allied Deployment and Movements System): навчальн . посіб. – [П.І. Смолич, А. С. Барарига] К .:НУОУ ім. Івана Черняхівського , 2016.

#### **ROBLEMS WHEN ENSURING THE CONTINUITY OF MILITARY TRANSPORTATION. SAFETY DURING THE LOADING OF MILITARY ECHALONS AND VEHICLES**

Gudimov V.V., Kaf. "Military Training", Ukrainian State University of Science and Technology, str. Lazaryana, 2, Dnipro, Ukraine. Tel: 0676053376. Email: gudvictor777@dmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6630-650X>

Maksymenko E. A., Kaf. "Military Training", Ukrainian State University of Science and Technology, str. Lazaryana, 2, Dnipro, Ukraine. Phone: 0686913961. E-mail:

y.a.maksymenko@ust.edu.ua,

ORCID:0000-0002-9608-7301

*Summary: Logistic providing of organs and subdivisions, that head for in good condition organization of functioning of the logistic system, effective use of a transport network and transport vehicles, and also providing to the troops all, that it is been them by a necessity for life and realization of operations in the war-time. It consists in co-ordination, planning, organization, stimulation and controlling of the use of various facilities of supply, and also realization of wide gamut of the specialized and service-utility services. The aim of the logistic providing of the Armed Forces is satisfaction of necessities of troops in facilities, necessary to them for life and realization of мілітарних and позамілітарних operations, and providing of ability of human potential, and also armament and military equipment to realization of battle. For the organized loading (unloading), advancement on the way of passing of echelons and soldiery мранспортміс - it is necessary to conduct preparation of ways of report, facilities of transport, rolling stock, personnel, preparation of technique, property and loads.*

*Keywords Logistic, soldiery transportations, railway, railway areas, навантажувально-вивантажувальне місце, station.*

#### **List of references**

1. Law of Ukraine "On Transport" (with changes and additions)
2. Law of Ukraine "On the functioning of the unified transport system of Ukraine in a special period" (with amendments and additions)
3. On the approval of the Regulation on military transportation by rail, sea, river and air transport: order of the Minister of Defense of Ukraine dated 09/05/2013 No. 595. Official Gazette of Ukraine. 2013. No. 78. P. 126;
4. On approval of the Procedure for the organization of rail transport activities during military rail transports: Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated November 4, 2015 No. 891. Official Gazette of Ukraine. 2015. No. 90. P. 49.
5. Organization of the movement of parts of railway troops: training manual / Kyiv. - 2001
6. System of deployment and movement of joint forces in operations according to NATO standards (Allied Deployment and Movements System): educational. manual - [P.I. Smolych, A.. S. Bararyga] К .:НУОУ named after Ivan Chernyakhovsky, 2016.

## СЕКЦІЯ 4 «ТРАНСПОРТНА ІНФРАСТРУКТУРА УКРАЇНИ В УМОВАХ ВОЄННОГО ЧАСУ І ПОВОЄННОЇ ВІДБУДОВИ»

УДК 343.98

### ВСТАНОВЛЕННЯ ВАРТОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ ОБ'ЄКТІВ НЕРУХОМОГО МАЙНА, ЯКЕ ЗАзнало значних пошкоджень та руйнувань

В. С. АНДРЕЄВ<sup>1\*</sup>, Р. Б. НОВІК<sup>2</sup>, О. Л. ТЮТЬКІН<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup>Каф. «Транспортна інфраструктура», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта avs\_diiit@ukr.net, ORCID 0000-0002-0862-2790

<sup>2</sup>Каф. «Військової підготовки спеціалістів Держспецтрансслужби», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта r.b.novik@ust.edu.ua, ORCID 0000-0002-2571-6641

<sup>3</sup>Каф. «Транспортна інфраструктура», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта o.l.tiutkin@ust.edu.ua, ORCID 0000-0003-4921-4758

**Анотація.** За час проведення Антитерористичної операції, а також Операції Об'єднаних Сил проти збройної агресії російської федерації на території України (в тому числі, тимчасово окупованій) різного ступеня пошкоджень від військових дій масштабні руйнування отримали житлові будинки, школи, дитячі садки, медичні установи, об'єкти інфраструктури. Відновлення життєдіяльності на відповідних територіях, звільнених від Збройних сил російської федерації, передбачає визначення обсягів руйнувань, здійснення обстеження пошкоджених будівель та їх відновлення. Останнім часом актуально те, що постає питання у встановленні вартості відновлення об'єктів різного функціонування. Зазначене питання набрало обертів у зв'язку зі формуванням бюджету на відновлення міст та інфраструктури України.

*Ключові слова:* вартість; нерухоме майно; пошкодження; руйнування; вартісний підхід.

#### Вступ та мета

Визначення технічного стану окремих конструкцій та об'єкта в цілому слід виконувати відповідно розділу до 5 ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 «Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану» (далі – ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016). При цьому слід брати до уваги наявні аварійні пошкодження внаслідок позапроектних впливів [1], а також інші дефекти та пошкодження, що утворились під час виготовлення, транспортування, монтажу, зведення та експлуатації та можуть знижувати експлуатаційні показники будівельних конструкцій та елементів інженерних систем об'єкта (з урахуванням класифікаційних ознак технічного стану конструкцій відповідно додатку В ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016, а для сталевих конструкцій ДСТУ Б В.2.6-210:2016 «Оцінка технічного стану сталевих будівельних конструкцій, що експлуатуються»).

З метою врахування галузевої специфіки споруд транспортної інфраструктури слід враховувати положення нормативно-правових актів [2, 3], а також будівельних норм та

національних стандартів у відповідній сфері, зокрема: ДСТУ 8954:2019 «Оцінювання рівня дефектності дорожнього одягу», ДСТУ 8745:2017 «Методи вимірювання нерівностей основи і покриття дорожнього одягу», ДСТУ 8746:2017 «Методи вимірювання зчіпних властивостей поверхні дорожнього покриття», ДСТУ Б В.2.3-42:2016 «Автомобільні дороги. Методи визначення деформаційних характеристик земляного полотна та дорожнього одягу» – при обстеженні автомобільних доріг; ДБН В.2.3-6:2009 «Мости та труби. Обстеження і випробування», ДСТУ 9123:2021 «Настанова з обстеження та випробування мостів і труб», ДСТУ 8748:2017 «Настанова щодо проведення динамічних випробувань автодорожніх мостів», ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2012 «Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів» – при обстеженні мостів.

При оцінці нерухомості використовуються поняття – вартість, ціна, витрати [4, 5]. Вартість не є іманентною для певної речі, а є результатом прояву корисності, потрібності, дефіцитності та обмінюваності. Вартість виражається в грошах і розуміється як сума грошей. Зміна значення вартості може означати, що змінилися властивості самої нерухомості і ставлення людей до неї, а з другого боку, що зазнала зміни цінність грошей як одиниці вимірювання вартості.

#### **Методика визначення вартості відновлення об'єктів нерухомого майна, яке зазнало значних пошкоджень та руйнувань**

Визначення вартості відновлення об'єктів нерухомого майна, яке зазнало значних пошкоджень та руйнувань, потребує обчислення витрат на заміщення (відтворення) земельних поліпшень [6, 7].

Визначення всіх видів зносу при обчисленні вартості відновлення не здійснюється, оскільки у випадках повного знищення об'єкту встановлення такого зносу неможливе, а, у випадках часткового знищення, недоцільне через втрату властивостей конструкцій від позапроектних впливів.

Застосування витратного підходу при оцінці нерухомого майна включає дві складові – вартість землі та вартість поліпшення, але ж у випадках оцінки пошкоджених і зруйнованих об'єктів нерухомого майна, вартість земельної ділянки не потрібно враховувати, оскільки земельна ділянка наявна у власності суб'єкта господарювання. Виконання досліджень з визначення вартості, вимагає спеціальних знань у сфері ціноутворення в будівництві, утриманні та експлуатації будівель та споруд, їхніх конструктивних особливостей, що впливають на вартість поліпшень.

#### **Результати. Сутність витратного підходу**

При обчисленні вартості поліпшення необхідно встановити, що необхідно визначити – вартість відтворення чи вартість заміщення.

*Вартість відтворення* – визначена на дату оцінки поточна вартість витрат на створення нового об'єкта, який є ідентичним об'єкту оцінки за будівельними матеріалами, плануванням, якістю та з врахуванням усіх його недоліків.

*Вартість заміщення* – визначена на дату оцінки поточна вартість витрат на створення нового об'єкта, подібного до об'єкта оцінки, який може бути йому рівноцінною заміною. При цьому передбачається врахування сучасних нормативних вимог до проектування цих об'єктів, використання сучасних матеріалів і технологій.

В першому випадку передбачається оцінити точну копію поліпшення, в другому – вартість функціонального аналогу поліпшення.

Різниця між значеннями цих вартостей може бути суттєвою і тому вибір потребує достатнього обґрунтування.

Наприклад, встановлення вартості зруйнованого дорогого котеджу, який мав оригінальне архітектурне рішення, коштовне оформлення фасадів, високоякісне опорядження приміщень, треба виконувати з використанням вартості відтворення. А у випадку встановлення вартості зруйнованої естакади, треба виконувати з використанням вартості заміщення.

Витратний підхід найбільш доцільний для оцінки поліпшень при недостатній кількості, або при повній відсутності ринкових даних про ціни купівлі-продажу. Тобто, використання витратного підходу у випадку визначення вартості відновлення об'єктів нерухомого майна, яке зазнало значних пошкоджень та руйнувань має перевагу у порівнянні з іншими підходами. Також сферою використання витратного підходу є оцінка об'єктів соціально-побутового сектору – лікарні, школи, храми, об'єкти інженерно-транспортної інфраструктури та спеціалізовані об'єкти.

### Висновки

Очевидно, що застосування витратного підходу буде найефективнішим, і він дасть більш точний результат при визначенні вартості відновлення об'єктів нерухомого майна, яке зазнало значних пошкоджень та руйнувань. Можливість застосування будь-якого з підходів, до визначення вартості відновлення об'єктів нерухомого майна, яке зазнало значних пошкоджень та руйнувань, незважаючи на їхню незалежність один від одного, визначається характером, повнотою і достовірністю порівнянних даних, що використовуються. Від якості цих даних залежатиме і остаточне значення вартості.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Закон України «Про оцінку майна, майнових прав та професійну оціночну діяльність».
2. Національний стандарт № 2 «Оцінка нерухомого майна», затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 28 жовтня 2004 р. № 1442.
3. Порядок визначення шкоди та збитків, завданих Україні внаслідок збройної агресії Російської Федерації, затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 20 березня 2022 р. № 326.
4. Стандарт житлово-комунального господарства України «Правила визначення фізичного зносу житлових будинків». СОУ ЖКГ 75.11 – 35077234. 0015:2009.
5. Міжнародні стандарти оцінки. Чинні з 31.01.2020. / Пер. з англ. УТО. – К.: «Аванпост-Прим», 2020. – 184 с.
6. Методи і моделі оцінювання нерухомого майна. Навчальний посібник. / О. І. Драпівський, І. Б. Іванова, Н. О. Терещенко. – К.: ПАТ «Віпол», 2016.
7. Методика оцінки майна, затв. Постановою Кабміну України від 10.12.2003 №1891.

### DETERMINATION OF THE COST OF RESTORATION OF OBJECTS OF REAL ESTATE WHICH HAVE SUFFERED SIGNIFICANT DAMAGE AND DESTRUCTION

V. S. ANDRIEIEV<sup>1\*</sup>, R. B. NOVIK<sup>2</sup>, O. L. TIUTKIN<sup>3\*</sup>

<sup>1\*</sup>Dep. «Transport Infrastructure», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail avs\_diiit@ukr.net, ORCID 0000-0002-0862-2790

<sup>2</sup>Department of military training of State special transport service specialists, Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail r.b.novik@ust.edu.ua, ORCID 0000-0002-2571-6641

<sup>3</sup>Dep. «Transport Infrastructure», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail o.l.tiutkin@ust.edu.ua, ORCID 0000-0003-4921-4758

**Abstract:** During the anti-terrorist operation, as well as the operation of the joint forces against the armed aggression of the Russian Federation on the territory of Ukraine (including the temporarily occupied) of various degrees of damage from military operations, large-scale destruction of residential buildings, schools, kindergartens, medical institutions, infrastructure objects. Restoring life in the respective territories liberated from the Armed Forces of the Russian Federation involves determining the extent of destruction, carrying out an inspection of damaged buildings and their restoration. Recently, the issue of establishing the cost of restoration of objects of various functions has become relevant. The mentioned issue gained momentum in connection with the formation of the budget for the reconstruction of cities and infrastructure of Ukraine.

*Keywords:* value; real estate; damage; destruction; value approach

#### REFERENCES

1. Zakon Ukrainy «Pro otsinku maina, mainovykh prav ta profesiinu otsinochnu diialnist». (in Ukrainian)
2. Natsionalnyi standart № 2 «Otsinka nerukhomoho maina», zatverdzhenyi postanovoiu Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 28 zhovtnia 2004 r. № 1442. (in Ukrainian)
3. Poriadok vyznachennia shkody ta zbytkiv, zavdanykh Ukraini vnaslidok zbroinoi ahresii Rosiiskoi Federatsii, zatverdzheno postanovoiu Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 20 bereznia 2022 r. № 326. (in Ukrainian)
4. Standart zhytlovo-komunalnoho hospodarstva Ukrainy «Pravyta vyznachennia fizychnoho znosu zhytlovykh budynkiv». SOU ZhKH 75.11 – 35077234. 0015:2009. (in Ukrainian)
5. Mizhnarodni standarty otsinky. Chynni z 31.01.2020. / Per. z anh. UTO. – K.: «Avanpost-Prym», 2020. – 184 s. (in Ukrainian)
6. Metody i modeli otsiniuvannia nerukhomoho maina. Navchalnyi posibnyk. / O. I. Drapikovskiy, I. B. Ivanova, N. O. Tereshchenko. – K.: PAT «Vipob», 2016.
7. Metodyka otsinky maina, zatv. Postanovoiu Kabminu Ukrainy vid 10.12.2003 №1891. (in Ukrainian)

УДК 624.21.09:[625.1:539.3]

#### ЛІКВІДАЦІЯ «БАР'ЄРНИХ МІСЦЬ», ПОВ'ЯЗАНИХ З РУЙНУВАННЯМ КОЛІЇ, ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ЛОГІСТИКИ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

С. Ю. БАЙДАК<sup>1</sup>, М. А. ГУСАК<sup>2\*</sup>, Р. Б. НОВІК<sup>3</sup>, Н. П. ХМЕЛЕВСЬКА<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Каф. «Транспортна інфраструктура», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта s.y.baidak@ust.edu.ua, ORCID 0000-0002-7909-8527

<sup>2\*</sup>Каф. «Транспортна інфраструктура», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта m.a.husak@ust.edu.ua, ORCID 0000-0001-8187-7792

<sup>3</sup>Каф. «Військової підготовки спеціалістів Держспецтрансслужби», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта r.b.novik@ust.edu.ua, ORCID 0000-0002-2571-6641

<sup>4</sup>Каф. «Транспортна інфраструктура», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта n.p.hmelevska@ust.edu.ua, ORCID 0000-0002-2360-8671

**Анотація.** Основною метою дослідження є розробка заходів з відновлення колії, що передбачає визначення обсягів робіт, потрібних матеріалів та засобів, необхідних для ліквідації «бар'єрних місць». Розв'язання поставленого завдання досягнуто за рахунок покращення існуючої системи організації перевезень вантажів в Україні після усунення «бар'єрних місць». В роботі використані рекомендації Міжнародних конференцій з логістики і транспортної безпеки, що містять основні принципи організації робіт з відновлення земляного полотна, штучних споруд та верхньої будови залізничної колії. Запропоновано комплекс заходів з ліквідації «бар'єрних місць», пов'язаних з руйнуванням залізничної колії на напрямку Конотоп – Ніжин для відновлення руху поїздів і забезпечення заданої пропускнути спроможності.

*Ключові слова:* логістика перевезень; бар'єрне місце; залізнична колія; земляне полотно; пропускна спроможність

### **Вступ. Мета дослідження**

Збройна агресія російської федерації докорінно змінила транспортну систему України. Артилерійські обстріли й бомбардування залізничних колій, мостових споруд та інфраструктурних об'єктів призвели до перекриття деяких ділянок залізниць, що викликало обмеження обсягів вантажних та пасажирських перевезень, порушило логістику перевезень. Логістика перевезень включає в себе планування, координацію та оптимізацію перевезень вантажів з використанням залізничного транспорту. Зруйновані залізничні колії стали перешкодою для ефективної роботи залізниць і впливають на різні аспекти логістичного процесу. Створюють ризики для безпеки персоналу і пасажирів, призводять до затримок у русі поїздів та перевезенні вантажів, що впливає на зв'язок між часом доставки та плануванням логістичних операцій. Ремонт та обслуговування зруйнованих колій вимагає додаткових витрат з боку залізниці або логістичних підприємств, потребує додаткових заходів забезпечення безпеки в логістичних операціях. Отже, зв'язок між «логістикою перевезень» і «зруйнованими коліями» полягає в тому, що стан залізничної інфраструктури може впливати на ефективність та витрати логістичних операцій, які використовує залізничний транспорт в Україні.

Мета роботи. Розробити заходи з відновлення колії, що передбачає визначення обсягів робіт, потрібних матеріалів та засобів, необхідних для ліквідації «бар'єрних місць».

### **Методика досліджень**

У роботі використовувались рекомендації наукових досліджень за зазначеною темою, статистичний аналіз і результати обстеження для визначення технічного стану ділянки залізниці, параметрів плану й поздовжнього профілю. Обробка даних виконувалась із

застосуванням програми Microsoft Excel, а тягові розрахунки за програмою MoveRW, розробленою на кафедрі «Транспортна інфраструктура» УДУНТ.

Огляд наукових досліджень охоплює широке коло питань такі як: відновлення зруйнованих залізниць, питання логістики перевезень, пропускної й провізної спроможності існуючих залізниць. Основною науковою працею з відновлення інфраструктури, зокрема залізничної, слід вважати матеріали Міжнародної конференції, яка відбулася у швейцарському місті Лугано 5 липня 2022 року, на якій було представлено план післявоєнної відбудови держави [1]. Метою цього плану є забезпечення гармонізації нормативно-правових актів та організаційної діяльності транспортної галузі України з країнами ЄС.

Питанням відновлення інфраструктури залізниць приділено уваги на різного роду міжнародних конференціях у 2022-2023 рр. Так, метою Міжнародної мультидисциплінарної науково-практичної інтернет-конференції [2] був аналіз сучасних підходів з удосконалення транспортно-логістичної інфраструктури та визначення найбільш ефективних напрямків їх застосування для відновлення, модернізації та подальшого комплексного розвитку української логістичної системи, створення стратегії якісного відновлення залізничної колії, та наближення її до стану на початку життєвого циклу.

В збірнику наукових праць за матеріалами Всеукраїнської наукової конференції [3] викладено результати досліджень фахівців Українського державного університету науки і технологій (УДУНТ), з яких випливає, що значну роль в процесі відновлення відіграють сучасні технології, проривні і новаторські технічні рішення, конструкторські розробки, наукові відкриття, інженерні інновації. Питання відновлення залізничної інфраструктури розглядаються і в роботах закордонних фахівців, але їхні дослідження стосуються залізничних ліній пошкоджених стихійним лихом.

В матеріалах Всеукраїнської науково-практичної конференції [4] містяться результати наукових досліджень з питань організації перевезень та управління логістичними системами, економіко-фінансового та правового забезпечення розвитку транспорту, інтелектуалізації ланцюгів постачання, управління екологічною безпекою транспортних потоків та транспортної логістики міста. Визначенням раціональних маршрутів доставки вантажів і пасажирів займалися й фахівці УДУНТ. Результати досліджень з підвищення ефективності роботи залізниці при спеціалізації напрямків вантажних і пасажирських перевезень викладені, наприклад, в науковій праці [5].

Аналіз сучасних публікацій показує, що дослідження з вибору пріоритетних напрямків міжнародних перевезень включають широкий спектр питань, основними з них є обґрунтування логістичних схем перевезень і термінів доставки. Виходячи з результатів вищенаведеного аналізу, була визначена мета роботи і напрямки наступних досліджень.

*Технічна характеристика ділянки.* Ділянка Конотоп – Ніжин є частиною міжнародного транспортного коридору №9 (рис. 1). На ній розташовано дві позакласні станції Бахмач-Пасажирський і Конотоп. Ділянка двоколійна електрифікована на змінному струмі, облаштована системою автоблокування лінії, де пасажирські поїзди рухаються зі швидкістю до 140 км/год, вантажні – до 80 км/год. У пасажирському русі використовуються електровози ЧС4 і ЧС8, депо Київ-Пасажирський із зміною локомотивних бригад по ст. Конотоп. Маса рухомого складу 900 – 1100 тонн. У вантажному русі використовуються локомотиви ВЛ80. Уніфікована маса вантажного поїзда 3600/2800 тонн відповідно у парному і непарному

напрямах. Відповідно до класифікації залізниць за вантажонапруженістю залізнична колія відноситься до II категорії.

На ділянці укладені рейки типу Р65, колія безстикова з термічно загартованими рейками типу Р65, шпали залізобетонні, баласт – щебеневий. Стрілочні переводи на головних коліях станцій звичайні, типу Р65, марки 1/11. На ділянці розташовано 27 штучні споруди, із них 16 водопрпускні труби, 12 мости, 1 шляхопровід.



Рисунок 1 – Схема ділянки

### Результати та обговорення

*Відновлення зруйнованої залізничної ділянки.* Основним видом відновлювальних робіт першої та другої черги є тимчасове відновлення. Воно за застосовуваними матеріалами та конструкціями має забезпечити експлуатацію відновлених споруд протягом 5 – 7 років без їх перебудови та допускати рух організованих поїздів по відновлених ділянках зі швидкістю не менше 30 км/год для першої черги робіт та 50 км/год для другої черги.

Оскільки короткостроково відновлені споруди не розраховуються на експлуатацію протягом тривалого терміну та не забезпечують руху поїздів з досить високими швидкостями, слідом за короткостроковим, а іноді й одночасно з ним здійснюється тимчасове відновлення з таким розрахунком, щоб до моменту введення ділянки в експлуатацію всі споруди відповідали вимог тимчасового відновлення.

Дослідження, пов'язане з відновленням колії, виконано з застосуванням обходу довжиною 3,5 км як тимчасове. Використовуючи дані з поздовжнього профілю, були розраховані об'єми насипів і виїмок і результати розрахунків наведені на рисунку 2.

Як впливає з аналізу рис. 2 відсіпання насипу на обході забезпечується за рахунок ґрунту виїмок тільки на 17 %. Решту ґрунту необхідно транспортувати із кар'єра і резервів.

Відсіпка земляного полотна і розробка виїмок здійснюється на широкому фронті. Укладання рейко-шпало-баластової решітки, баластування, виправка і рихтування

здійснюється з голови потоковим методом. Потреби в матеріалах визначалися залежно від характеру руйнування і конструкції верхньої будови колії.

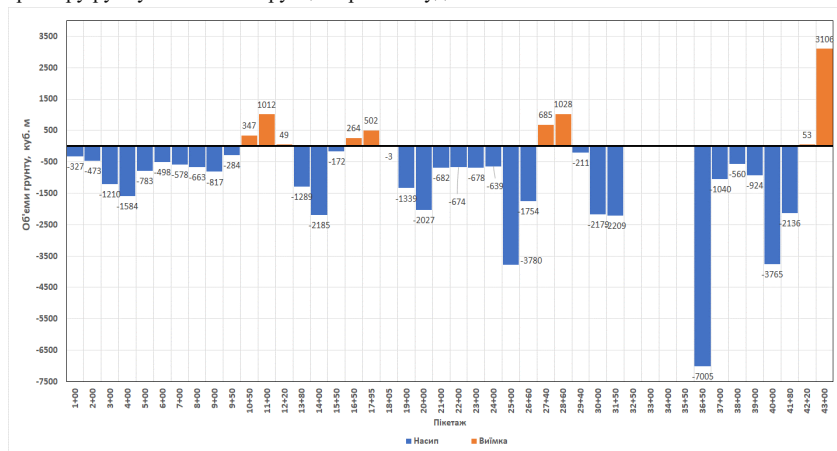


Рисунок 2 – Об'єми земляних робіт на ділянці

Завезення баласту здійснюють автосамоскидами. На насипах влаштовують в'їзди через 200...300 м. По закінченню завезення баласту на ділянці між двома в'їздами баласт розрівнюють тракторним дозувальником або автогрейдером. Потреба в баласті визначалася з розрахунку 800...850 м<sup>3</sup>/км. При довжині ділянки 3,45 км загальний об'єм становить 2475 м<sup>3</sup>.

### Висновки

Після початку військових дій і обстрілів зі сторони РФ на напрямку Ніжин – Конотоп була зруйнована колійна інфраструктура і рух поїздів припинився. Відповідно до завдання розроблені заходи з ліквідації «бар'єрного місяця», пов'язаного з руйнуванням залізничної колії, що дозволило відновити рух поїздів і забезпечити задану пропускну спроможність.

Розв'язання поставленого завдання досягнуто за рахунок покращення існуючої системи організації перевезень на напрямку Ніжин-Конотоп, що враховує рекомендації Міжнародних конференцій з логістики і транспортної безпеки, в яких містяться основні принципи організації робіт з відновлення земляного полотна, штучних споруд та верхньої будови залізничної колії. Оскільки короткострокове відновлення споруд не забезпечує експлуатацію залізниці протягом тривалого терміну та не забезпечує рух поїздів з максимально допустимими швидкостями, в роботі запропоновано етап тимчасового відновлення ділянки залізниці на обході довжиною 3,45 км.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Національна рада з відновлення України від наслідків війни. Проект Плану відновлення України. Матеріали робочої групи «Відновлення та розбудова інфраструктури» Липень 2022. – 178 с. <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/recoveryrada/ua/restoration-and-development-of-infrastructure.pdf>
2. Матеріали Міжнародної мультидисциплінарної науково-практичної інтернет-конференції молодих дослідників, здобувачів вищої освіти та науковців «Сучасна наука: інновації та перспективи» 6-7 квітня 2023 р., м. Київ. – 452 с.

3. Логістика і транспортна безпека: проблеми та перспективи розвитку в контексті аналізу сучасних викликів, загроз; збірник наукових праць за матеріалами Всеукраїнської наукової конференції, 28 жовтня 2022 р., – УДУНТ, Дніпро. – 179 с.
4. Транспорт та логістика: сучасні виклики та перспективи розвитку (Transport & Logistics: Current Challenges and Prospects) : матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції, м. Одеса, 18 листопада 2021 р. / [під наук ред. Ільченко С. В.] ; НАНУ, МОНУ та ін. – Одеса : ДУ ІПРЕД НАН України, 2021. – 166 с.
5. Kurhan M., Kurhan D., Husak M., Hmelevska N. Increasing the Efficiency of the Railway Operation in the Specialization of Directions for Freight and Passenger Transportation // Acta Polytechnica Hungarica Vol. 19(3), 2022, pp.231-244. doi: 10.12700/APH.19.3.2022.3.18.

### ELIMINATION OF «BARRIER PLACES» ASSOCIATED WITH TRACK DESTRUCTION TO IMPROVE TRANSPORT LOGISTICS

S. Y. BAIDAK<sup>1</sup>, M. A. HUSAK<sup>2\*</sup>, R. B. NOVIK<sup>3</sup>, N.P. KHMELIVSKA<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Dep. «Transport Infrastructure», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail s.y.baidak@ust.edu.ua, ORCID 0000-0002-7909-8527

<sup>2</sup>Dep. «Transport Infrastructure», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail m.a.husak@ust.edu.ua, ORCID 0000-0001-8187-7792

<sup>3</sup>Department of military training of State special transport service specialists, Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail r.b.novik@ust.edu.ua, ORCID 0000-0002-2571-6641

<sup>4</sup>Dep. «Transport Infrastructure», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail n.p.hmelevska@ust.edu.ua, ORCID 0000-0002-2360-8671

**Abstract:** The main goal of the study is the development of measures to restore the track, which involves determining the scope of work, the necessary materials and means necessary for the elimination of «barrier places». The solution to the task was achieved due to the improvement of the existing system of organization of cargo transportation in Ukraine after the elimination of «barrier places». The work uses the recommendations of the International Conferences on Logistics and Transport Safety, which contain the basic principles of organizing works on the restoration of the ground surface, artificial structures and the upper structure of the railway track. A set of measures to eliminate «barrier points» associated with the destruction of the railway track in the direction of Konotop – Nizhyn is proposed in order to restore train traffic and ensure the specified capacity.

*Keywords:* transportation logistics; barrier site; railway track; subgrade; carrying capacity

### REFERENCES

1. The National Council for the Recovery of Ukraine from the Consequences of the War. Project of the Recovery Plan of Ukraine. Materials of the working group «Restoration and development of infrastructure» (July 2022). <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/recoveryrada/ua/restoration-and-development-of-infrastructure.pdf> (in Ukrainian)
2. Materials of the International Multidisciplinary Scientific and Practical Internet Conference of Young Researchers, Higher Education Graduates and Scientists «Modern Science: Innovations and Prospects» (April 6-7, 2023). Kyiv. (in Ukrainian)
3. Logistics and transport safety: problems and development prospects in the context of analysis of modern challenges and threats; a collection of scientific works based on the materials of the All-Ukrainian Scientific Conference (October 28, 2022). – UDUNT, Dnipro. (in Ukrainian)

4. Transport & Logistics: Current Challenges and Prospects: materials of the All-Ukrainian Scientific and Practical Conference, Odesa (November 18, 2021) / [under Scientific Ed. S. V. Ilchenko]; NASU, MONU, etc. – Odesa: DU IREED NAS of Ukraine. (in Ukrainian)
5. Kurhan M., Kurhan D., Husak M., Hmelevska N. (2022) Increasing the Efficiency of the Railway Operation in the Specialization of Directions for Freight and Passenger Transportation // Acta Polytechnica Hungarica Vol. 19(3). doi: 10.12700/APH.19.3.2022.3.18 (in English)

УДК 624.01:[629.01; 37.04]

## ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ НАВЧАЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН ДЛЯ КУРСАНТІВ БУДІВЕЛЬНИХ ТА МАШИНОБУДІВНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ ПІД ЧАС ВОЄННОГО СТАНУ

Д. О. БАННИКОВ<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup>Каф. «Будівельне виробництво та геодезія», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта [bdo2020@yahoo.com](mailto:bdo2020@yahoo.com), ORCID 0000-0002-9019-9679

**Анотація.** Наведено узагальнений авторський досвід стосовно особливостей організації навчального процесу та роботи з курсантами будівельних та машинобудівних спеціальностей під час воєнного стану. Цей досвід був напрацьований протягом приблизно одного року з початку бойових дій в Україні і спрямований на підвищення рівня підготовки та ефективності засвоювання навчального матеріалу курсантами. Для цього використовуються певні принципи, розроблені емпірично, серед яких слід відмітити наступні: акцент на роботі з нормативною та фаховою літературою, підвищена увага до практичної частини дисциплін, поетапна форма проведення занять та посилення індивідуальної роботи, дистанційність проведення навчальних занять, консультацій, взаємного спілкування та навички роботи із комп'ютерною технікою і сучасними прикладними програмами. Набутий досвід в теперішній час інтенсивно впроваджується в освітню практику.

**Ключові слова:** навчальна дисципліна; будівництво; машинобудування; курсант; військовий стан

### Вступ та мета

За умов воєнного стану суттєво збільшується фізичне та психологічне навантаження на всіх учасників навчального процесу. Особливо це торкається військової частини взагалі та курсантського складу зокрема. Посилені наряди, необхідність постійного переривання навчального процесу для укріття під час повітряних тривог, також необхідність переривання занять із самопідготовки з цієї ж причини не сприяє покращенню як самого навчального процесу, так і набуття необхідного обсягу знань та навичок. Курсанти при цьому дуже часто відволікаються від навчального матеріалу, втрачають його логічно-змістовну побудову, плутаються, навіть, із навчальними дисциплінами та термінами їх проведення.

Тому організація та влаштування навчального процесу за таких умов потребує внесення певних коректив як в частині змістовної побудови дисциплін, організації їх проведення, так і вимог до рівня їх опрацювання. Також додатковою проблемою виявляється наявність чи

відсутність у курсантів електронних засобів спілкування і підготовки індивідуальних завдань та вміння ними якісно, швидко й коректно користуватись.

### Методика

Описана ситуація спостерігалась автором під час викладання спеціалізованих фахових дисциплін для курсантів спеціальностей 192 – Будівництво та цивільна інженерія [1, 2] і 133 – Галузеве машинобудування [3]. Це потребувало постійного пошуку, напрацювання та перевірки на практиці скоригованих підходів до навчально-освітнього процесу взагалі, і викладання фахових дисциплін, зокрема. Така робота передбачала наявність зворотного зв'язку від курсантів, що дозволяло оцінити її ефективність, внести певні уточнення або корективи, обрати більш раціональні шляхи. Значну допомогу при цьому оказували командири відділень, які брали на себе значну частину організаційної роботи. Також додатковим позитивним чинником було підтримання постійного контакту із курсовими офіцерами, які оперативню реагували на наявні відхилення в роботі курсантів.

### Результати та обговорення

В результаті такої роботи були визначені, сформульовані та впроваджені в навчальний процес певні принципи, користуючись якими вдалося підвищити як якість навчального процесу, так і його ефективність. Так за попередній 2022-2023 навчальний рік основні показники навчального процесу по відділеннях 139, 339 і 639 представлені в таблиці 1. При цьому показник «якість» ілюструє сумарну кількість оцінок вище «задовільно» («відмінно» + «дуже добре» + «добре»).

Таблиця 1

### Показники навчального процесу

№ пор.	Дисципліна, вид роботи (семестр)	Показник	Значення показника по відділеннях, %		
			139	339	639
1.	Проектування металоконструкцій машин, курсова робота (I)	якість	–	81,3	–
		дострокова задача	–	100,0	–
		задача в строк	–	0	–
2.	Будівельні конструкції, диференційований залік (I)	якість	–	–	90,0
		дострокова задача	–	–	90,0
		задача в строк	–	–	10,0
3.	Будівельні конструкції, диференційований залік (II)	якість	100,0	–	90,0
		дострокова задача	91,7	–	90,0
		задача в строк	8,3	–	10,0

На рисунку 1 наведені діаграми, що ілюструють терміни складання контрольних заходів, представлених в таблиці 1, за навчальними тижнями.

В якості напрацьованих принципів слід назвати наступні:

1. На навчальних заняттях акцент робиться на роботі із нормативною та фахово-довідковою літературою, в якій за необхідності курсант здатний відшукати відповідь на потрібне питання в практичних умовах.

2. Суттєва увага приділяється практичній частині дисципліни, зокрема підготовці індивідуальних завдань. Це дозволяє напрацювати низку практичних навичок, які виявляються затребуваними в першу чергу в практичних умовах.

3. Виявляється ефективною покрокова форма проведення занять, при якій курсанти отримують невеличкі завдання до кожного заняття, звітують про їх виконання та мають можливість оперативно та якісно отримати відповіді на запитання, що виникли.

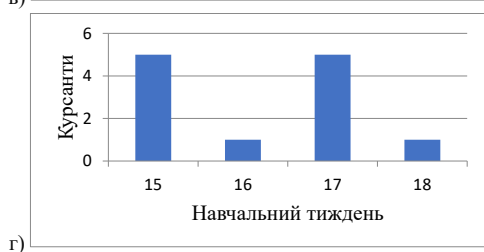


Рисунок 1 – Терміни складання контрольних заходів:  
а) 339 відділення (I семестр); б) 639 відділення (I семестр);  
в) 639 відділення (II семестр); г) 139 відділення (II семестр)

4. Доволі ефективними, також, зарекомендували себе індивідуальні консультації, які можуть проводитись у зручний для викладача і курсанта час. Адже це швидко та якісно усуває всі прогалини в опануванні навчальним матеріалом, які виникли внаслідок відсутності курсанта на занятті з будь-якої причини.

5. Вкрай необхідними є навички роботи із сучасними комп'ютерними програмами, в першу чергу такими як MS Office та MathCad, які дозволяють оперативню та якісно виконувати потрібні розрахунки та їх оформлювати й презентувати.

### Висновки

Таким чином, перелічені вище принципи дозволяють як підвищити якість підготовки курсантського складу у воєнних умовах, так і уникнути тих складнощів, які викликані складною ситуацією в Україні. Всі вони напрацьовані емпіричним шляхом і спрямовані на узгодження воєнних реалій із набуттям відповідної кваліфікації курсантами університету.

Також відмітимо, що дистанційність навчання виявляється певною позитивною рисою для курсантів, оскільки дозволяє розвинути навички дистанційного зв'язку, комунікації на відстані, взаємозагальної, синхронної та ефективної співпраці, що є немаловажним фактором під час військових дій.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Банніков Д. О. Особливості змістовної побудови дисципліни «Будівельні конструкції» для здобувачів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія». *Modern Problems of Science, Education and Society* : тези VI Міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 14-16.08.2023 р. Київ, 2023. С. 128-133.
2. Банніков Д. О. Особливості змістовної побудови дисципліни «Металеві конструкції» для здобувачів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія». *Modern Problems of Science, Education and Society* : тези VI Міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 14-16.08.2023 р. Київ, 2023. С. 115-121.
3. Банніков Д. О. Особливості змістовної побудови дисципліни «Проектування металокопункцій машин» для здобувачів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування». *Modern Problems of Science, Education and Society* : тези VI Міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 14-16.08.2023 р. Київ, 2023. С. 122-127.

### FEATURES OF THE TEACHING OF EDUCATIONAL DISCIPLINES FOR CADETS OF CONSTRUCTION AND MECHANICAL ENGINEERING SPECIALTIES DURING THE WAR STATE

D. O. BANNIKOV<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup>Dep. «Construction Production and Geodesy», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail [bd02020@yahoo.com](mailto:bd02020@yahoo.com), ORCID 0000-0002-9019-9679

**Abstract.** The author's generalized experience regarding the features of the organization of the educational process and work with cadets of construction and mechanical engineering specialties during the war state is given. This experience was gained over the course of approximately one year

since the beginning of hostilities in Ukraine and is aimed at increasing the level of training and the efficiency of learning the educational material by the cadets. For this, certain empirically developed principles are used, among which the following should be noted: an emphasis on work with normative and professional literature, increased attention to the practical part of the disciplines, a step-by-step form of conducting classes and strengthening individual work, remote conduct of training classes, consultations, mutual communication and skills in working with computer equipment and modern application programs. The acquired experience is now intensively implemented in educational practice.

*Keywords:* academic discipline; construction; mechanical engineering; cadet; war state

#### REFERENCES

1. Bannikov, D. O. (2023). Osoblivosti zmistovnoi pobudovi distsiplini «Budivelni konstruktсии» dlja zdobuvachiv spetsialnosti 192 «Budivnitstvo ta tsivilna ingenerija». *Modern Problems of Science, Education and Society*, Kyiv, 128-133. (in Ukrainian)
2. Bannikov, D. O. (2023). Osoblivosti zmistovnoi pobudovi distsiplini «Metalevi konstruktсии» dlja zdobuvachiv spetsialnosti 192 «Budivnitstvo ta tsivilna ingenerija». *Modern Problems of Science, Education and Society*, Kyiv, 115-121. (in Ukrainian)
3. Bannikov, D. O. (2023). Osoblivosti zmistovnoi pobudovi distsiplini «Proektuvannja metalokonstruktсий mashin» dlja zdobuvachiv spetsialnosti 133 «Galuzeve mashinobuduvannja». *Modern Problems of Science, Education and Society*, Kyiv, 122-127. (in Ukrainian)

УДК 624.21.

#### ПРОВЕДЕННЯ ІНЖЕНЕРНИХ ВИШУКУВАНЬ ЗРУЙНОВАНИХ (ПОШКОДЖЕНИХ) ТРАНСПОРТНИХ СПОРУД

М. В. ГЕРНИЧ<sup>1\*</sup>, І. О. ПЛОТНИКОВ<sup>2</sup>, В. О. ШАЛАСВ<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup>Каф. «Військової підготовки спеціалістів Держспецтрансслужби», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта gernich.nicolau@gmail.com, ORCID 0000-0002-5069-4798

<sup>2</sup>Каф. «Військової підготовки спеціалістів Держспецтрансслужби», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта goshango1809@gmail.com, ORCID 0000-0009-1597-1971

<sup>3</sup>Каф. «Військової підготовки спеціалістів Держспецтрансслужби», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта vvvitaliysalae7@gmail.com, ORCID 0009-0001-7237-3928

**Анотація.** Для швидкого та якісного відновлення руху транспорту через природні та штучні перешкоди на ділянках доріг з пошкодженими або зруйнованими транспортними спорудами, такими як мости та шляхопроводи, важливим є своєчасне отримання достовірної інформації про стан споруди, її окремих елементів, можливості пропуску необхідного навантаження, місцевих особливостей та тактичних властивостей прилеглої до неї території. Основною метою дослідження є розгляд вимог існуючої в нашій державі нормативно-правової бази, стосовно проведення інженерних вишукувань та узгодження порядку проведення інженерних вишукувань (технічної розвідки) транспортних об'єктів, які зазнали руйнувань або пошкоджень внаслідок ведення бойових дій на території України. Це дослідження

спрямоване на систематизацію процедур проведення інженерних вишукувань, з метою забезпечення безпеки і належного відновлення пошкоджених транспортних об'єктів.

*Ключові слова:* інженерні вишукування; технічна розвідка; руйнування; відновлення

### **Вступ та мета**

Важливим етапом відновлення зруйнованих (пошкоджених) в наслідок бойових дій транспортних споруд є проведення інженерних вишукувань (технічної розвідки) району розташування відновлювального об'єкту. Від якості та повноти отриманої інформації про стан транспортного об'єкту та прилеглої до нього території залежать якість прийняття інженерних рішень та темпи відновлення.

В Україні нормативно-правова база, що регулює проведення інженерних вишукувань в районах будівництва та в районі відновлення зруйнованих чи пошкоджених транспортних споруд, включає в себе Державні будівельні норми (ДБН) [1, 2], Накази, інструкції, методичні матеріали та рекомендації відповідних Міністерств [3, 4] та інші. Основною метою дослідження є розгляд вимог існуючої нормативно-правової бази, стосовно проведення інженерних вишукувань.

### **Методика**

Згідно вимог перед початком будівництва (відновлення) транспортної споруди необхідно провести попередні дослідження території з метою виявлення можливих геологічних, гідрологічних та інших ризиків, які можуть впливати на якість будівництва (відновлення) та безпеку майбутніх користувачів.

Безпосередньо, що стосується транспортних споруд вказано наступні вимоги щодо обстеження зруйнованих або пошкоджених конструкцій:

– зруйновані або пошкоджені конструкції повинні бути обстежені з метою визначення ступеня пошкодження, оцінки надійності та безпеки конструкції, а також прийняття рішення щодо необхідності ремонту або заміни;

– обстеження зруйнованих або пошкоджених конструкцій повинно проводитися кваліфікованими фахівцями відповідно до встановлених процедур, методів та технічних вимог;

– обстеження зруйнованих або пошкоджених конструкцій включає: визначення характеру пошкоджень, вимірювання розмірів та відхилень, випробування на міцність або стійкість, оцінку впливу пошкоджень на навколишні конструкції та безпеку;

– результати обстеження зруйнованих або пошкоджених конструкцій повинні бути документовані і включати висновки щодо стану конструкції, рекомендації щодо подальших заходів (ремонт, заміна, посилення тощо) та строки їх виконання.

### **Результати та обговорення**

Проведення інженерних вишукувань (технічної розвідки) та обстеження транспортних споруд можна поділити на етапи, проведення яких забезпечить якість та повноту досліджень:

*1. Організація вишукувань (розвідки) та обстеження.* Перед початком робіт необхідно скласти план робіт, який повинен включати визначення місця обстеження, характеристик моста чи трубопроводу, методів обстеження, необхідного обладнання та матеріалів, склад групи та розподіл обов'язків між її членами, терміни виконання робіт та план евакуації у разі

небезпеки. Перелік обладнання та інструментів, які можуть бути необхідні, залежить від специфіки мосту, а також від методики інженерної розвідки, яку використовують, загалом виділяють наступні типові обладнання та інструменти:

- геодезичне обладнання: теодоліти, нівеліри, тахеометри тощо;
- вимірвальне обладнання: лінійки, мірні стрічки, шаблони, кути тощо;
- обладнання для візуальної інспекції: біноклі, фотокамери, відеокамери;
- обладнання для перевірки стійкості та навантажень: динамометри, датчики навантаження тощо;
- обладнання для вимірювання швидкості та об'єму води;
- інструменти для збору зразків матеріалів: дрилі, молотки, лопатки, ножі тощо;
- обладнання для дослідження глибинного розташування фундаментів моста: радары глибинного зондування, гідроакустичні датчики, глибиноміри;
- засоби індивідуального захисту: каски, рукавиці, монтажні ремені, окуляри, навушники, респіратори, спецодяг тощо.

2. *Підбір складу персоналу, що здійснює вишукування (розвідку).* Основні вимоги до персоналу, передбачають наявність достатнього досвіду та знань у галузі будівництва, ремонту та експлуатації транспортних споруд. Також персонал повинен мати знання про особливості місцевості та уміння використовувати різноманітні засоби вимірювання, контролю та діагностики конструкцій транспортних споруд. До складу групи, як правило включають: керівника групи, інженера, розвідників.

3. *Визначення методики проведення розвідки та обстеження.* Виділяють наступні методики:

- безпосередній огляд зруйнованого (пошкодженого) об'єкта, з проведенням натурних вимірів;
- оглядова, з відстані, розвідка з використанням оптичних приладів (бінокль, телескоп, лазерний далекомір);
- розвідка з використанням аерофотозйомки.

Кожна із зазначених методик має свої переваги та недоліки. Найкращий результат забезпечить поєднання вищезазначених методик. Також можуть використовуватися додаткові методики та інструменти, які визначаються залежно від конкретних умов і завдань.

4. *Проведення вишукувань (розвідки) та обстеження.* Цей процес дозволяє з'ясувати технічні можливості відновлення транспортних споруд, визначити обсяг робіт. Під час розвідки здійснюється огляд усіх елементів транспортної споруди, включаючи фундамент, опори, прогонові будови та інші елементи. Здійснюється оцінка ступеня пошкодження, характеру пошкоджень та відповідності технічним вимогам та стандартам. Включає в себе проведення додаткових досліджень технічного стану транспортних споруд, таких як вимірювання геометричних параметрів, складання детальних схем, збір та аналіз зразків матеріалів тощо.

5. *Оцінка технічного стану транспортних споруд.* Виконується на основі аналізу результатів всіх видів досліджень та оцінок, що були проведені, з метою визначення загального технічного стану транспортної споруди.

6. *Розроблення заходів з відновлення або ремонту.* Заходи з відновлення або ремонту можуть бути різного характеру в залежності від ступеня пошкодження і характеру руйнування, зокрема:

- проведення ремонту окремих елементів конструкції;
- проведення робіт з заміни пошкоджених елементів;
- проведення робіт з укріплення конструкцій;
- проведення робіт з установки додаткових опор;
- проведення робіт з відновлення дорожнього покриття.

Важливо враховувати, що роботи з відновлення або ремонту мостів і трубопроводів мають бути проведені відповідно до вимог нормативно-технічної документації та з дотриманням вимог безпеки під час їх проведення.

7. *Документування результатів вишукувань (розвідки) та обстеження.* Після проведення досліджень складається звіт, який містить відомості про зруйновану (пошкоджену) споруду, опис території, виявлені ризики та рекомендації щодо їх усунення, а також рекомендації щодо використання технічних засобів та матеріалів для будівництва. Дані звіти використовуються при розробці проектної документації.

### **Висновки**

Таким чином зважаючи на реалії сучасної війни, здобутого досвіду обстеження значної кількості зруйнованих (пошкоджених) транспортних об'єктів, в Україні відпрацьовані методики та процедури проведення інженерних вишукувань (технічної розвідки), які забезпечують якісну і повну інформацію про стан транспортних споруд, характер руйнувань (пошкоджень) та можливості їх відновлення.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. ДБН А.2.1-1-2008 Інженерні вишукування для будівництва.
2. ДБН В.2.3-6-2009 «Споруди транспорту. Мости та труби. Обстеження та випробування».
3. Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України № 97 від 19.04.2018, Про затвердження Порядку погодження Міністерством розвитку громад та територій України обґрунтованих відхилень від будівельних норм, що забезпечують дотримання встановлених вимог безпеки до будівель і споруд у спосіб, не передбачений будівельними нормами.
4. Наказ Міністерство розвитку громад та територій України № 144 від 06.08.2022, Про затвердження Методики проведення обстеження та оформлення його результатів.

### **CONDUCTING ENGINEERING SURVEYS OF DESTROYED (DAMAGED) TRANSPORTATION STRUCTURES**

M. V. HERNICH<sup>1\*</sup>, I. O. PIOTNIKOV<sup>2</sup>, V.O. SHALAEV<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup> Dep. «Department of military training of State special transport service specialists», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail gernich.nikolau@gmail.com, ORCID 0000-0002-5069-4798

<sup>2</sup> Dep. «Department of military training of State special transport service specialists», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail goshango1809@gmail.com, ORCID 0000-0009-1597-1971

<sup>3</sup> Dep. «Department of military training of State special transport service specialists», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail vvitaliysalaev7@gmail.com, ORCID 0009-0001-7237-3928

**Abstract:** For the rapid and high-quality restoration of transportation through natural and artificial obstacles on road sections with damaged or destroyed transportation structures, such as bridges and overpasses, obtaining timely and accurate information about the condition of the structure, its individual elements, capacity to carry necessary loads, local features, and tactical characteristics of the adjacent territory is crucial. The main goal of this research is to examine the requirements of the existing normative-legal framework in our country regarding the conduct of engineering surveys and to generalize the procedure for conducting engineering surveys (technical reconnaissance) of transportation objects that have suffered damage or destruction due to hostilities on the territory of Ukraine. This research is aimed at systematizing the procedures for conducting engineering surveys to ensure the safety and proper restoration of damaged transportation objects

*Keywords:* engineering surveys; technical reconnaissance; destruction; restoration

#### REFERENCES

1. DSTU A.2.1-1-2008 Engineering Surveys for Construction
2. DSTU B.2.3-6-2009 «Transport Structures. Bridges and Tunnels. Inspection and Testing»
3. Order of the Ministry of Regional Development, Construction, and Municipal Economy of Ukraine No. 97 dated April 19, 2018, On the Approval of the Procedure for Coordination by the Ministry of Community and Territory Development of Ukraine of Substantiated Deviations from Building Codes Ensuring Compliance with Established Safety Requirements for Buildings and Structures in a Manner Not Provided by Building Codes.
4. Order of the Ministry of Community and Territory Development of Ukraine No. 144 dated August 6, 2022, On the Approval of the Methodology for Conducting Inspection and Documentation of Its Results.

УДК 624.21:625.745.1-048.38

### ВІДНОВЛЕННЯ АВТОМОБІЛЬНОГО МОСТОВОГО ПЕРЕХОДУ ЧЕРЕЗ Р. СІВЕРСЬКИЙ ДОНЕЦЬ ПОБЛИЗУ С. ЧЕРВОНИЙ ШАХТАР

Ю. М. ГОРБАТЮК<sup>1\*</sup>, І. І. МАРТИНЮК<sup>2</sup>, Д. А. ЯРОШ<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup>Каф. «Військової підготовки спеціалістів Держспецтрансслужби», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта y.m.horbatiuk@ust.edu.ua, ORCID 0000-0001-8949-864X

<sup>2</sup> Каф. «Військової підготовки спеціалістів Держспецтрансслужби», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта vaniamartynuk30@gmail.com, ORCID 0000-0019-1887-197X

<sup>3</sup> Каф. «Військової підготовки спеціалістів Держспецтрансслужби», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта danyayarosh2000@gmail.com, ORCID 0000-0019-1887-198X

**Анотація.** Відновлення зруйнованих транспортних об'єктів є головним елементом технічного прикриття в оборонній операції оперативного угруповання та являється основним видом діяльності Держспецтрансслужби. Транспортні об'єкти відновлюються, як правило, у два етапи. На першому етапі відновлюється мінімум елементів, який дозволяє відкриття наскрізного руху транспорту та здатність об'єкту до мінімального функціонування за призначенням. На другому етапі будівлі та споруди відновлюються до стану, що забезпечує

необхідну пропускну спроможність та функціонування транспортного об'єкту за призначенням в повному обсязі.

*Ключові слова:* міст; мостовий перехід; руйнування; відновлення

### **Вступ та мета**

Внаслідок широкомасштабного вторгнення рф в Україну було зруйновано сотні мостів, як нашими силами оборони, так і військами окупанта. Це буденна воєнна ситуація, оскільки мостовий перехід є важливим транспортним об'єктом, що забезпечує логістику і може бути використаний двома сторонами, що протидіють одна одній. ВСУ приходилося руйнувати мости під час тактичного відступу, щоб уповільнити, а потім і зупинити наступ ворога; війська рф руйнували мости по такій же самій причині.

Після звільнення окупованих територій одразу ж було розпочате відновлення мостів, що поступово налагоджувало транспортні перевезення на звільненій частині України. Прикладом такого відновлення є міст через р. Сіверський Донець поблизу с. Червоний Шахтар (рис. 1).



Рисунок 1 – Зруйнований міст через р. Сіверський Донець поблизу с. Червоний Шахтар

### **Методика**

Було вирішено запроєктувати та спорудити тимчасовий низьководний автодорожній міст з їздою поверху на одну смугу руху. Схема мосту 2 x 18,53, довжина 37,06 м (рис. 2-3).



Рисунок 2 – Влаштування прогонової будови

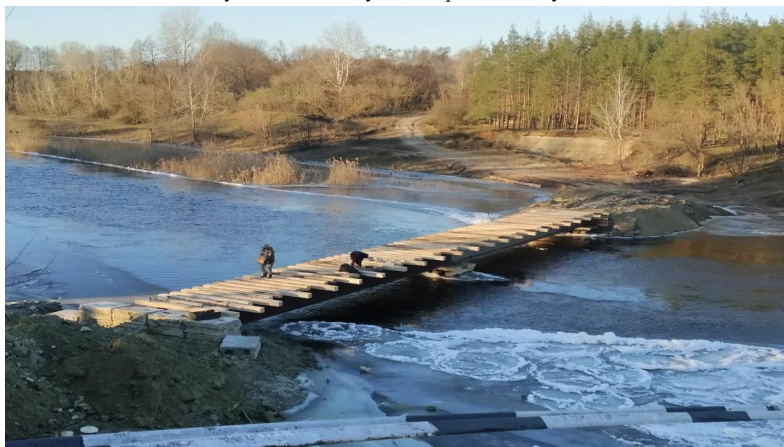


Рисунок 3 – Опоряджувальні роботи

### Результати та обговорення

Були застосовані дві прогонові металеві будови 18,53 м. (4 шт. балки МА 18,53 м та 2 комплектів металевих елементів між прогонових з'єднань та металеві опорні частини). Дорожнє полотно, автопроїзд, колесовідбій, тротуари та огорожувальні конструкції – дерев'яні (рис. 4).



Рисунок 4 – Відновлений міст через р. Сіверський Донець поблизу с. Червоний Шахтар

Устої мосту влаштовані на пальної основі з дерев'яних палів, обов'язку ростверку виконано дерев'яним брусом з влаштуванням дерев'яної шкафної стінки та відкосів, в'їзд на міст по дорожнім залізобетонним плитам.

#### Висновки

Робота по відновленню мостів України, що були зруйновані під час широкомасштабного вторгнення РФ, буде продовжена до тих пір, доки, після перемоги, не з'явиться можливість будівництва. Накопичений досвід дозволяє швидко та впевнено поновлювати логістичні шляхи, для яких мостові переходи є важливими об'єктами.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.1.2-15:2009 Споруди транспорту. Мости та труби. Навантаження і впливи [Чинний від 2009–11–11]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 83 с.
2. Радкевич А. В. Відновлення штучних будов [Текст] : навчальний посібник / А. В. Радкевич, М. О. Лісняк, Ю. М. Горбатюк, П. А. Лихоп'єт / Дніпропетр. нац. ун-т заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпро, 2018. – 406 с.

#### RESTORATION OF THE ROAD BRIDGE CROSSING ACROSS THE SEVERSKY DONETS RIVER NEAR THE VILLAGE CHERVONYI SHAKHTAR

Yu. M. HORBATIUK<sup>1\*</sup>, I. I. MARTYNIUK<sup>2</sup>, D. A. YAROSH<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup>Department of military training of State special transport service specialists, Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail vaniamartynuk30@gmail.com, ORCID 0000-0019-1887-197X

<sup>2</sup>Department of military training of State special transport service specialists, Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail veliarvlad@gmail.com, ORCID 0000-0019-1887-198X

<sup>3</sup>Department of military training of State special transport service specialists, Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail danyayarosh2000@gmail.com, ORCID 0000-0019-1887-198X

**Abstract:** Restoration of destroyed transport facilities is the main element of technical cover in the defensive operation of the operational group and is the main activity of the State Special Transport Service. Transport objects are restored, as a rule, in two stages. At the first stage, a minimum of elements is restored, which allows the opening of through traffic and the facility's ability to function as intended. At the second stage, buildings and structures are restored to a state that ensures the necessary capacity and functioning of the transport facility as intended in full.

*Keywords:* bridge; bridge crossing; destruction; restoration

#### REFERENCES

1. DBN V.1.2-15:2009 Sporudy transportu. Mosty ta truby. Navantazhennia i vplyvy [Chynnyi vid 2009–11–11]. Kyiv : Minrehionbud Ukrainy, 2009. – 83 s. (in Ukrainian)
2. Radkevych A. V. Vidnovlennia shtuchnykh budov [Tekst] : navchalnyi posibnyk / A. V. Radkevych, M. O. Lisniak, Yu. M. Horbatiuk, P. A. Lykhopok / Dnipropetr. nats. un-t zalizn. transp. im. akad. V. Lazaryana. – Dnipro, 2018. – 406 s. (in Ukrainian)

УДК 624.21.09:[625.1:539.3]

### МОСТИ БЕЙЛІ – ІНЖЕНЕРНА ІМПРОВІЗАЦІЯ ДЛЯ ТИМЧАСОВИХ ПЕРЕПРАВ

С.В. КЛЮЧНИК<sup>1\*</sup>, Р.В. ШЕВЧЕНКО<sup>2</sup>, М.В. ГЕРНИЧ<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup>Каф. «Транспортна інфраструктура» Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, 49010 Дніпро, Україна, ел. пошта ssser05@ukr.net, ORCID 0000-0001-7771-8377

<sup>2</sup>Військова частина Т0610 Держспецтрансслужби, вул. Криворізьке шосе, 2, Дніпро, Україна, 49035, ел. пошта sheva9282@gmail.com, ORCID 0009-0002-3359-6835

<sup>3</sup>Каф. «Військової підготовки спеціалістів Держспецтрансслужби», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта gernich.nikolau@gmail.com, ORCID 0000-0002-5069-4798

**Анотація.** В Україну для відбудови постраждалої внаслідок бойових дій транспортної інфраструктури останнім часом від іноземних партнерів надходять збірно-розбірні конструкції тимчасових мостів. В доповіді розглянуті основні властивості та можливості збірно-розбірних конструкцій які використовують військові інженери країн НАТО для спорудження тимчасових мостів, підкреслено їх розповсюдженість, універсальність по застосуванню, зручність монтажу та надійність. Підкреслено можливість використання зазначених конструкцій для наведення наплавних мостів (понтонних переправ) із застосуванням наявних плавзасобів через широкі та глибокі водні перешкоди. Також розглядається концепція мосту Бейлі, як основа для створення нових, модернізованих та

сучасних моделей збірно-розбірних мостів як в країнах членах НАТО, східних країнах, так і у ворога.

*Ключові слова:* відбудова; збірно-розбірні конструкції; міст Бейлі; наплавні мости; універсальність конструкцій

### Вступ та мета

З минулого року Державне агентство відновлення та розвитку інфраструктури України отримує конструкції для відновлення проїзду транспортну від іноземних гуманітарних місій. Окрім 9 модульних мостів від американських партнерів Агентство отримало 37 тимчасових мостів, 18 комплектів понтонних переправ і 6 катерів від Чехії, Франції, Швеції та Норвегії [1].

Анонсовано, що конструкції прибувають в Україну у розібраному вигляді, для збирання мосту достатньо команди з 5-10 осіб [1]. Цікавим буде дослідити конструкцію та властивості зазначених збірно-розбірних тимчасових мостів.

### Методика

Для наведення тимчасових мостів військові країн НАТО використовують збірно-розбірні конструкції основу яких складають мости Бейлі та його модифікації.

Міст Бейлі (Bailey Bridge) – збірно-розбірний міст який був розроблений під час другої світової війни британським інженером сержантом Дональдом Бейлі. Цей міст широко використовувався британськими, канадськими та американськими військовими інженерними підрозділами в складних умовах. З стандартизованих елементів мосту можуть бути зібрані як прогонові будови так і надбудови опор. Однією з ключових переваг мосту Бейлі є його здатність до швидкого монтажу без необхідності використання спеціалізованих інструментів і важкого обладнання.

Прогоновими будовами мосту є ферми, які збираються із стандартних елементів, панелі для збирання ферм (рис. 1, а) об'єднуються на металевих «пальцях» з фіксацією штифтами (рис.1, б), що швидко і надійно [2].

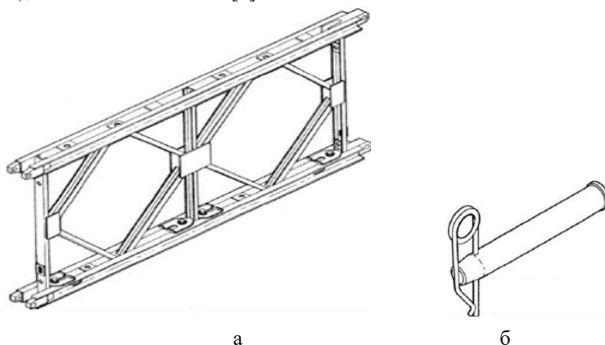


Рисунок 1 – Елементи мосту Бейлі:  
а – стандартизовані панелі; б – з'єднувальні штифти.

В залежності від довжини прольоту який треба перекрити та вантажопідйомності яку необхідно забезпечити можливі різні варіанти комплектування прогонових будов (рис. 2):

– по висоті: одноповерхові, двоповерхові, триповерхові;

– за кількістю ферм: одна ферма, подвійна ферма, потрійна ферма.

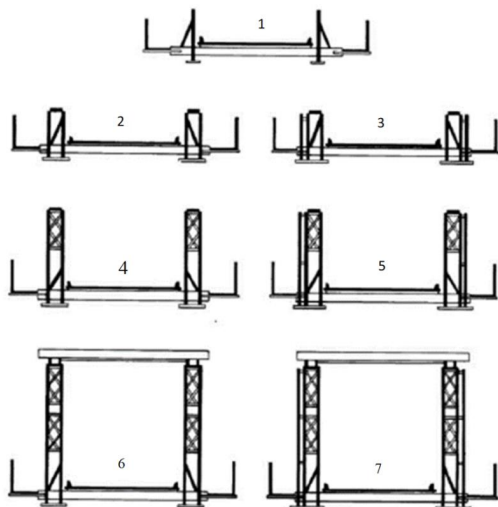


Рисунок 2 – Варіанти збирання прогонових будов з майна мосту Бейлі:

- 1 – одинарна ферма, одноповерхова; 2 – подвійна ферма, одноповерхова;  
 3 – потрійна ферма, одноповерхова; 4 – подвійна ферма, двоповерхова;  
 5 – потрійна ферма, двоповерхова; 6 – подвійна ферма, триповерхова;  
 7 – потрійна ферма, триповерхова

### Результати та обговорення

Одним з основних методів монтажу прогонової будови в прогін є повздовжнє насування яке виконується по інвентарним наочуваним пристроям (рис. 3, а) з використанням аванбеку, який збирається з тих самих елементів, що і прогонова будова (рис. 3, б).

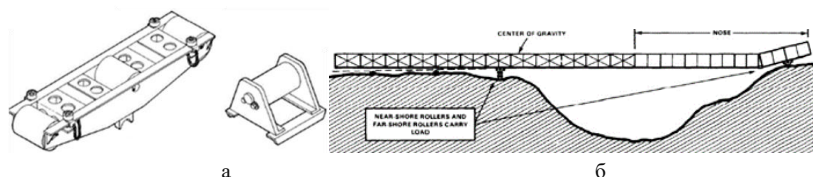


Рисунок 3 – Монтаж прогонової будови: а) ролики для наочування прольотів мосту;  
 б) схема поздовжнього насування прогонової будови з використанням аванбеку

Мости Бейлі можуть мати різну ширину та довжину, в залежності від потреби і конкретної ситуації. Настил проїзної частини дерев'яний або металевий, зазвичай складається з панелей або секцій, які розташовані горизонтально і утворюють поверхню для руху транспортних засобів. Ці панелі можуть бути встановлені на балках чи фермах, які, в свою чергу, спираються на несучі елементи мосту. Проїзна частина спроектована для перетину

важкого військового обладнання, вантажів та транспортних засобів. Рух пішоходів забезпечується по виносним консолям, які можуть бути встановленні по обох сторонах прогону.

Перевагою систем створених на основі мосту Бейлі є їх модульність, уніфікованість, що забезпечує їх зручне використання у різних варіантах виконання. В залежності від завдань які визначені з стандартизованих елементів можуть бути наведені як автодорожні мости (рис. 4, а), різних габаритів проїзду, так і залізничні мости (рис. 4, б) визначених класів.

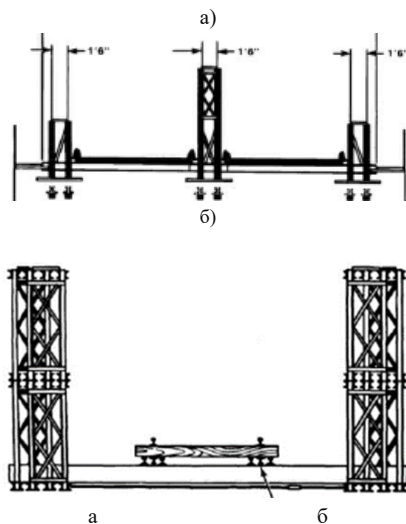


Рисунок 4 – Поперечні перетини збірно-розбірних мостів:  
а – автодорожній; б – залізничний

Елементи мосту Бейлі можуть бути використані для спорудження надбудов опор (рис. 5), в цьому випадку враховують висоту надбудови та навантаження яке буде діяти. Розроблені чіткі рекомендації, наприклад для мостів Бейлі [2], де вказані схеми та послідовність збирання надбудов опор.

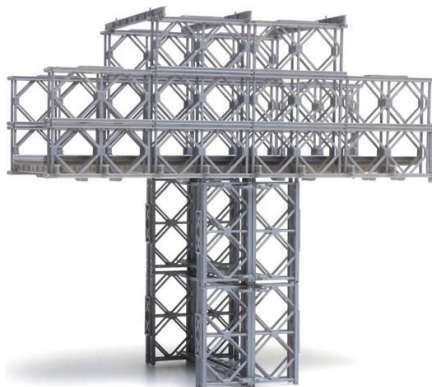


Рисунок 5 – Надбудова проміжної опори з елементів мосту Бейлі

Ще однією особливістю збірно-розбірних мостів виготовлених за концепцією мостів Бейлі є можливість наведення наплавних переправ (рис. 6), у цьому випадку в якості плавучих опор (понтонів) можуть бути використані інвентарні плавучі засоби, наприклад ПМ-70, або будь які наявні плавучі засоби, наприклад баржі. Ця властивість дозволить, переглянувши наявний парк плавзасобів, розширити спроможності українських військових інженерів по перекриттю широких та глибоких водних перешкод.



Рисунок 6 – Наведений наплавний міст з використанням конструкцій мосту Бейлі

Концепція мосту Бейлі надихнула на створення нових і сучасних моделей збірно-розбірних мостів. Фірма Mabeу з Великої Британії розробила такий міст під назвою «Міст логістичної підтримки» (Logistic Support Bridge – LSB). Сполучені Штати Америки також створили свою версію збірно-розбірного мосту, який отримав назву «Міст Асгров» (Acrow Bridge) [3, 4].

У армії США використовується модернізований збірно-розбірний міст Т6 [5], що є вдосконаленою версією мосту Bailey та виготовлений з легких сплавів. Він має однарусні ферми з трикутною решіткою. Нова модифікація характеризується збільшеною довжиною секцій до 5 метрів та висотою до 2,4 метра. Проїзна частина виконана з металу. Компанія WFEL з Великої Британії [6], що є визнаним світовим лідером у виробництві військових збірно-

розбірних мостів, виготовляє системи мостів середнього прогону, такі як Medium Girder Bridge (MGB – міст середнього прогону) та Dry Support Bridge (DSB – сухий опорний міст).

Мости MGB можуть мати різну конфігурацію, включаючи одноярусні з прогоном до 9,8 метрів, двоярусні до 31,1 метра та двоярусні з підсиленням до 49,4 метра. Зміна довжини прогону мосту досягається шляхом зміни кількості відсіків завдовжки 1,83 метра та конструкції перетину прогону. Це надає можливість використовувати MGB під різне навантаження – 60, 30 та 16 тон – з різними довжинами прогону. Максимальна маса монтажного блоку становить 245 кілограмів, що дозволяє здійснювати ручне збирання прогону за участю 25 осіб.

Мости системи Бейлі розповсюдженні не лише в країнах Європи та Північної Америки, але й у всьому світі. З розвитком міжнародного ринку деякі міжнародні користувачі вимагають використовувати міст в британських розмірах для відповідності старим мостам і можливості доповнювати комплекти різних років виготовлення.

В російській федерації за концепцією мосту Бейлі розроблений збірно-розбірний міст «Тайпан» [7]. Всі елементи панелі формуються за допомогою однакових прокатних профілів – квадратних труб, які посилюються в точках їх з'єднання, з метою передавання навантаження від однієї панелі до іншої. (рис. 7).

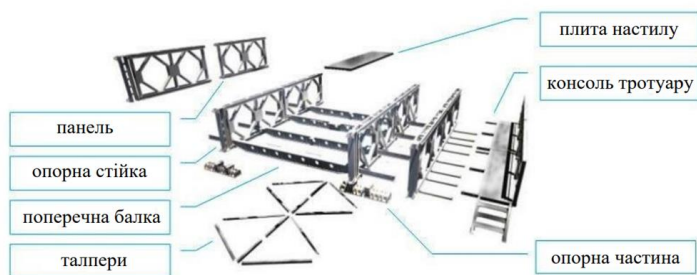


Рисунок 7 – Загальний вигляд двох секцій прогонової будови мосту «Тайпан»

## Висновки

Таким чином, незважаючи на значний вік, перша половина минулого століття, концепція збірно-розбірних мостів Бейлі виявилась вдалою, пройшла модернізацію, лягла в основу створення нових конструкцій та здатна забезпечити виконання завдань з наведення тимчасових переправ, що є актуальним у теперішній військовий час.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Укрінформ від 26 червня 2023 року.
2. FM 5-277. Headquarters Department of the Army Washington, DS, 9 May 1986. Bailey Bridge, 1986. 373 p.
3. Сайт Acrow Building Bridges. URL:<https://acrow.com>
4. Каталог ViaCon. Мости Acrow. URL: <http://viacon.ua/catalogue.html>
5. Сайт MilitaryLeak. Breaking Military News And Defense Technology. URL: <https://militaryleak.com/>
6. Сайт WFEL Products and Capabilities. URL: <https://www.wfel.com/products-and-capabilities>.
7. Бугаєвський С. О., Ненастіна Т. О., Шеховцова Т. О., Штефан О. М., Маций М. Є. Автодорожні тимчасові збірно-розбірні мости / Вісник ХНАДУ, 2023, вип. 100.

## BAILEY BRIDGES AS ENGINEERING IMPROVISATION FOR TEMPORARY CROSSINGS

S.V. KLIUCHNYK<sup>1\*</sup>, R.V. SHEVCHENKO<sup>2</sup>, M.V. HERNICH<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup>Dep. «Transport Infrastructure», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail ssser05@ukr.net, ORCID 0000-0001-7771-8377

<sup>2</sup>Military unit T0610 State special transport service specialists, Kryvorizke highway St., 2, Dnipro, Ukraine, 49035, e-mail sheva9282@gmail.com, ORCID 0009-0002-3359-6835

<sup>3</sup>Dep. «Department of military training of State special transport service specialists», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail gernich.nikolau@gmail.com, ORCID 0000-0002-5069-4798

**Abstract:** In Ukraine, recently, foreign partners have been providing prefabricated and disassembled temporary bridge structures to aid in the reconstruction of the transportation infrastructure damaged by combat operations. This report explores the key characteristics and capabilities of these prefabricated and disassembled structures used by military engineers from NATO countries for the construction of temporary bridges. It emphasizes their widespread use, versatility, ease of assembly, and reliability. Furthermore, it underscores the potential for utilizing these structures to create pontoon bridges, utilizing available watercraft, to span wide and deep water obstacles effectively. Additionally, the concept of the Bailey bridge is discussed as a foundation for the development of new, modernized, and contemporary models of prefabricated and disassembled bridges, both in NATO member countries, Eastern countries, and potentially in adversarial contexts.

**Keywords:** reconstruction; prefabricated-disassembled structures; Bailey bridge; pontoon bridges; versatility of designs

### REFERENCES

1. Ukrinform, June 26, 2023. (in Ukrainian)
2. FM 5-277. Headquarters Department of the Army, Washington, D.C., May 9, 1986. «Bailey Bridge, 1986.» 373 pages.
3. Acrow Building Bridges Website. URL: <https://acrow.com> (in English)
4. ViaCon Catalog. Acrow Bridges. URL: <http://viacon.ua/catalogue.html> (in English)
5. MilitaryLeak Website. Breaking Military News And Defense Technology. URL: <https://militaryleak.com/> (in English)
6. WFEL Products and Capabilities Website. URL: <https://www.wfel.com/products-and-capabilities> (in English)
7. Buhayevskiy S.O., Nenastina T.O., Shekhovtsova T.O., Shtefan O.M., Matsiy M.Y. Temporary Prefabricated-Dismantled Road Bridges // Bulletin of Kharkiv National Automobile and Highway University, 2023, Issue 100. (in Ukrainian)

УДК 625.1:[625.7]

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВЛАШТУВАННЯ ТИМЧАСОВИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕЇЗДІВ В МІСЦЯХ ЗРУЙНОВАНИХ ШЛЯХОПРОВІДІВ

О. Ф. ЛУЖИЦЬКИЙ<sup>1\*</sup>, Р. В. ІВАНОВ<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup>Каф. «Транспортна інфраструктура», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта oleg.luzhickii@gmail.com, ORCID 0000-0001-6519-7447

<sup>2</sup>Каф. «Транспортна інфраструктура», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта ivanovrodion@ukr.net, ORCID 0009-0005-9125-9468

**Анотація.** Основною метою дослідження є визначення варіантів влаштування тимчасових переїзних настилів на напрямках зруйнованих логістичних ланцюжків як у воєнний, так і післявоєнний час та встановлення рівня їх ефективності. При просуванні збройних сил України по деокупації українських територій ворог відступаючи руйнує мости та шляхопроводи. Одним з критичних таких точок є шляхопроводи через залізницю – при руйнуванні такого об'єкта блокуються як дорожнє, так і залізничне сполучення. Відновлення автодорожнього та залізничного руху для потреб наступу, евакуації, роботи гуманітарних, технічних та інженерних служб покращує цей логістичний ланцюжок, що допомагає рятувати життя, що є найвищою цінністю в Україні. Представлені варіанти переїзного настилу та облаштування залізничного переїзду мають різну кошторисну вартість та різні умови, при яких вони є ефективними.

*Ключові слова:* залізничний переїзд; тимчасовий переїзний настил; повоєнне відновлення.

### Вступ

При просуванні збройних сил України по деокупації українських територій ворог відступаючи руйнує мости та шляхопроводи. Одним з критичних таких точок є шляхопроводи через залізницю – при руйнуванні такого об'єкта блокуються як дорожнє, так і залізничне сполучення. Відновлення автодорожнього та залізничного руху для потреб наступу, евакуації, роботи гуманітарних, технічних та інженерних служб покращує цей логістичний ланцюжок, що допомагає рятувати життя, що є найвищою цінністю в Україні.

Тимчасові залізничні переїзди повинні розглядатись як екстремний варіант поновлення логістичного маршруту до моменту, коли буде відновлений шляхопровід. Але до того часу необхідно врахувати безпеку пересування автотранспорту та ймовірного початку руху залізничного транспорту в час, коли це буде безпечно.

### Мета роботи та наукова новизна

Метою роботи є дослідження ефективності влаштування тимчасових залізничних переїздів в місцях зруйнованих шляхопроводів.

Новизною в роботі є дослідження технічної та економічної доцільності влаштування тимчасових залізничних переїздів в умовах воєнного стану та післявоєнної відбудови за допомогою методу аналізу ієрархій.

### **Методика**

Дослідження технічної та економічної доцільності влаштування та експлуатації залізничного переїзду проводять в багатьох країнах світу і питання однорівневих перетинів як з техніко-економічної сторони, так і з безпекової сторони непокоять багатьох науковців. Так американськими вченими [1] проаналізовано загальну вартість проєктів влаштування залізничних перетинів. Ними встановлено, що ця вартість часто включає перевитрати, які затверджені та в більшості випадків характерні для таких проєктів. У цьому дослідженні проаналізовано загальну вартість проєктів громадських залізничних переїздів, які фінансувалися з федерального бюджету та виконувалися різними типами/класами залізничних організацій у штаті Нью-Йорк, включаючи пасажирські та вантажні залізничні організації.

В роботі [2] розглядаються питання підвищення безпеки на залізничних переїздах. Методологія в їхній роботі пропонує інноваційний підхід до аналізу поведінки водія. Результати виявили важливі змінні для розробки превентивних заходів, які в кінцевому підсумку допоможуть зменшити кількість порушень правил безпеки на переходах. Фахівці з безпеки на залізниці та інженери транспорту можуть отримати практичну інформацію про те, як визначити проблемні перетини, а також можуть використовуватися для покращення знань щодо взаємодії на переїздах.

Переїзний настил залізничних переїздів можуть влаштовуватись різних типів: залізобетонної, дерев'яної, гумо-кордової та монолітної конструкції. Рекомендації Інструкції [3] щодо того, що на переїздах I та II категорій перевагу необхідно віддавати більш прогресивним типам настилу.

На стан покриття переїзного настилу вирішальний вплив має автомобільний рух. Тому, під час ремонту або будівництва переїздів враховуються навантаження від вантажних автомобілів, які безпосередньо впливають на зношуваність дорожнього покриття [4]. Тому при виборі типу переїзного настилу на тимчасових залізничних переїздах необхідно врахувати, що на таких однорівневих перетинах переважний тип автомобільного транспорту, що перетинатиме залізницю, буде вантажний. Також основним критерієм вибору покриття є той факт, що кожний тип покриття має свій ресурс, який залежить від кількості пропущеного транспорту.

Кожен випадок застосування тимчасового залізничного переїзду унікальний, оскільки, як описано вище, питання стоїть у визначенні пріоритетів, мети застосування такого перетину. Для цих цілей в дослідженні застосовано метод аналізу ієрархій [5].

### **Результати**

Для дослідження методом аналізу ієрархій спочатку необхідно визначити основні критерії вибору переїзного настилу. Оцінюючи кожний з цих критеріїв згідно вихідних даних по використанню кожного з типів настилу в конкретних умовах визначається підсумкова оцінка кожного рішення. Це дозволить ефективно приймати рішення щодо розподілу бюджетних коштів та витрат ресурсів. До основних критеріїв відносяться:

**1. Життєвий цикл.** Тривалість експлуатації переїзних настилів залежить від матеріалу переїзного настилу. В паспорті продукції вказано мінімальний гарантійний термін експлуатації в певних умовах. Оцінка даного критерію визначається від строку роботи тимчасового переїзду, що залежить від тривалості відновлення основного маршруту. В даному випадку найвища оцінка надається тому типу переїзного настилу, який за тривалістю роботи буде найближчий до терміну планованої експлуатації тимчасового залізничного переїзду.

**2. Зносостійкість.** Кількість прикладених вісей прямо залежить на довговічність кожного з типів переїзного настилу. Оцінка даного критерію залежить від прогнозованої кількості транспорту, яку передбачається пропустити за цей час, до відмови роботи настилу. В цьому випадку також, як і в попередньому критерії, найвища оцінка надається тому типу переїзного настилу, який за тривалістю роботи, але під вказаним навантаженням, буде найближчий до терміну планованої експлуатації тимчасового залізничного переїзду.

**3. Вартість монтажу.** Економічна складова завжди відіграє високу роль при будівництві. Даний критерій є одним з основних оцінок, який є важливим при виборі тимчасового переїзного настилу, адже така споруда не завжди може бути капітальною, що залежить від певних умов, і витратити надміру коштів на тимчасові споруди є недоцільним.

**4. Швидкість монтажу.** В умовах збройної агресії та активних бойових дій швидкість відновлення маршруту для покращення військової та гуманітарної логістики прямо впливає на кількість врятованих життів. Тому в такому разі оцінка високою буде для того настилу, який монтується швидко. Але при цьому необхідно врахувати кожний випадок окремо. Адже все залежить від тих умов, що є в певний період часу. Якщо нагальної потреби у відновленні маршруту немає і необхідно встановити довгостроковий залізничний переїзд, то оцінка буде вищою у того настилу, який має високу зносостійкість і досить тривалий час монтажу.

**5. Експлуатація.** Цей критерій передбачає врахування ймовірної частоти відмови кожного переїзного настилу в одному і тому ж проміжку часу. Висока частота ремонту значно погіршує оцінку типу переїзного настилу.

**6. Безпека руху.** Різні типи переїзного настилу мають різні кріплення до шпал та різну шорсткість поверхні, яка залежить від типу матеріалу, з якого виготовлений настил. Вища оцінка ставиться тому настилу, який забезпечує високе зчеплення колеса з покриттям.

**7. Стійкість до погодних умов.** Кожний тип переїзного настилу виготовляється з різних матеріалів: бетон, дерево, метал тощо. Ці матеріали мають різний рівень стійкості до погодних умов, таких як екстремальні температури, волога, цикли переходів температури повітря через 0°C та інші. Тому оцінка цього критерію залежить стійкості матеріалу до цих погодних випробувань, а також сезону влаштування тимчасового залізничного переїзду, оскільки тривалість роботи такого переїзду може бути обмежена кількома місяцями.

Вище перераховані критерії допомагають провести комплексну оцінку та визначити оптимальний тип переїзного настилу тимчасового залізничного переїзду залежно від конкретних умов та потреб. Порівняння критеріїв виконуються в табличній формі за допомогою «матриці порівняння», де кожен рядок – це критерії порівняння, а кожний стовпчик відповідає різному типу переїзного настилу. Підсумковий результат дозволяє в кожній конкретній ситуації отримати оцінку, яка показує перевагу того чи іншого типу переїзного настилу перед іншими.

### Висновки

1. Питання влаштування залізничних переїздів достатньо активно вивчається в світі як з технічно-економічної точки зору, так і з безпекової сторони, але виклики, які постали сьогодні перед Україною корегують плани та наукову роботу. Тимчасові залізничні переїзди маловивчені і до збройної агресії росії проти України не було потреби у них. Сьогодні це питання може постати гостро. Методика, яка розглядається цією роботою, дозволяє швидко і ефективно підібрати тип переїзного настилу в кожному конкретному випадку.

2. Визначено 7 основних критеріїв, які допомагають провести комплексну оцінку та визначити оптимальний тип переїзного настилу тимчасового залізничного переїзду залежно від конкретних умов та потреб. Порівняння критеріїв виконуються в табличній формі за допомогою «матриці порівняння», де кожен рядок – це критерії порівняння, а кожний стовпчик відповідає різному типу переїзного настилу.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Osipitan, Osileke & Shofoluwe, Musibau. Cost Analysis of Railroad Grade Crossing Projects Performed by Railroad Organizations in New York State. The Journal of Technology, Management, and Applied Engineering. 2018. Volume 34, number 2. P. 2-15. URL: [https://www.researchgate.net/publication/329972268\\_Cost\\_Analysis\\_of\\_Railroad\\_Grade\\_Crossing\\_Projects\\_Performed\\_by\\_Railroad\\_Organizations\\_in\\_New\\_York\\_State](https://www.researchgate.net/publication/329972268_Cost_Analysis_of_Railroad_Grade_Crossing_Projects_Performed_by_Railroad_Organizations_in_New_York_State)
2. William J. Saunders, Saleh R. Mousa, Julius Codjoe. Market basket analysis of safety at active highway-railroad grade crossings. Journal of Safety Research. 2019. Volume 71. P.125-137. ISSN 0022-4375. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2019.09.002>.
3. ЦП-0174 Інструкція з улаштування та експлуатації залізничних переїздів : офіц. текст : [Наказ Міністерства транспорту та зв'язку України від 26.01.2007 №54]. – К. : Мін-во Юстиції України, 2007. – 167 с.
4. Лужицький О. Ф. Забезпечення безпеки руху на залізничних переїздах / О. Ф. Лужицький // Українська залізниця. 2016. – № 7. – С. 52-56.
5. Hamdy A. Taha. Operations Research: An Introduction, 11th edition: University of Arkansas, 2023. 295 p. URL: <https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/operations-research-an-introduction/P200000003221/9780137625727?tab=table-of-contents>

### RESEARCH ON THE EFFECTIVENESS OF TEMPORARY RAILWAY CROSSINGS IN LOCATIONS WITH DEMOLISHED OVERPASSES

O. F. LUZHITSKIY<sup>1\*</sup>, R. V. IVANOV<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup>Dep. «Transport Infrastructure», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail oleg.luzhickii@gmail.com, ORCID 0000-0001-6519-7447

<sup>2</sup>Dep. «Transport Infrastructure», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail ivanovrodion@ukr.net, ORCID 0009-0005-9125-9468

**Abstract:** The main purpose of this research is to identify options for establishing temporary railway crossings on routes with demolished logistics chains, both in wartime and post-war periods, and to determine their level of effectiveness. During the advancement of the Ukrainian armed forces in the de-occupation of Ukrainian territories, the enemy, while retreating, destroys bridges and overpasses. One of the critical points in such situations is the overpasses crossing the railway, as the destruction of such an object blocks both road and railway connections. Restoring road and railway traffic for the purposes of the advance, evacuation, humanitarian, technical, and engineering services

improves this logistics chain, helping to save lives, which is the highest value in Ukraine. The presented options for the railway crossing surface and the setup of the railway crossing have different cost estimates and different conditions under which they are effective.

*Keywords:* railway crossing, temporary railway crossing surface, post-war recovery

#### REFERENCES

1. Osipitan, Osileke & Shofoluwe, Musibau. Cost Analysis of Railroad Grade Crossing Projects Performed by Railroad Organizations in New York State. The Journal of Technology, Management, and Applied Engineering. 2018. Volume 34, number 2. P. 2-15. URL: [https://www.researchgate.net/publication/329972268\\_Cost\\_Analysis\\_of\\_Railroad\\_Grade\\_Crossing\\_Projects\\_Performed\\_by\\_Railroad\\_Organizations\\_in\\_New\\_York\\_State](https://www.researchgate.net/publication/329972268_Cost_Analysis_of_Railroad_Grade_Crossing_Projects_Performed_by_Railroad_Organizations_in_New_York_State)
2. William J. Saunders, Saleh R. Mousa, Julius Codjoe. Market basket analysis of safety at active highway-railroad grade crossings. Journal of Safety Research. 2019. Volume 71. P.125-137. ISSN 0022-4375. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2019.09.002>
3. CP-0174 Instructions for the Construction and Operation of Railway Crossings: Official Text [Order of the Ministry of Transport and Communications of Ukraine No. 54 of January 26, 2007]. - Kyiv: Ministry of Justice of Ukraine, 2007. - 167 p. (in Ukrainian)
4. Luzhytskyi, O. F. Ensuring Safety at Railway Crossings. Ukrainska zaliznytsia [Ukrainian Railways], 2016, No. 7, pp. 52-56. (in Ukrainian)
5. Hamdy A. Taha. Operations Research: An Introduction, 11th edition: University of Arkansas, 2023. 295 p. URL: <https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/operations-research-an-introduction/P200000003221/9780137625727?tab=table-of-contents>

УДК 625.8: [ 623.6]

### ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ДІЛЯНКИ АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ ЯК ЗЛІТНО-ПОСАДКОВОЇ СМУГИ ПІД ЧАС ВОЄННОГО СТАНУ

О. Ф. ЛУЖИЦЬКИЙ<sup>1\*</sup>, С. С. СТАСЕНКО<sup>2</sup>, В. В. БЕРДНИК<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup>Каф. «Транспортна інфраструктура», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта oleg.luzhickii@gmail.com, ORCID 0000-0001-6519-7447

<sup>2</sup>Каф. «Транспортна інфраструктура», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта stasenkoserhii@gmail.com, ORCID 0009-0002-6774-981X

<sup>3</sup>Каф. «Транспортна інфраструктура», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта slavikberdnik7@gmail.com, ORCID 0009-0003-1561-0928

**Анотація.** Дослідження надійності дорожнього одягу при застосуванні ділянки автомобільної дороги як злітно-посадкову смугу під час воєнного стану є важливим аспектом логістичної складової обороноздатності України. Але проблема таких тимчасових аеродромів – суміщеність з автомобільними дорогами. Необхідно передбачати в таких випадках швидке перекриття руху та влаштування якісного об'їзду таких місць, оскільки у період воєнного

стану логістику автотранспорту не можна порушувати повним перекриттям. Але стан доріг на сьогодні є не повністю вирішеним питанням в Україні і використати будь яку ділянку автомобільної дороги як тимчасову злітно-посадкову смугу є неможливим. Тому постає питання конструювання дорожнього одягу та визначення його надійності при будь якому виді будівництва враховуючи можливість використання ділянки автомобільної дороги для потреб військової авіації.

*Ключові слова:* тимчасовий аеродром; автомобільна дорога; дорожній одяг; метод скінченних елементів; повенне відновлення.

### **Вступ та мета**

Дослідження надійності дорожнього одягу при застосуванні ділянки автомобільної дороги як злітно-посадкову смугу під час воєнного стану є важливим аспектом логістичної складової обороноздатності України. Наявність запасних злітно-посадкових смуг дозволяє в моменти масованої ракетної атаки на аеродромну інфраструктуру тимчасово передислокувати авіаційний парк на такі запасні злітно-посадкові смуги, що дозволить зберегти авіаційну техніку та персонал. Але проблема таких тимчасових аеродромів – суміщеність з автомобільними дорогами. Необхідно передбачати в таких випадках швидке перекриття руху та влаштування якісного об'їзду таких місць, оскільки у період воєнного стану логістику автотранспорту не можна порушувати повним перекриттям. Але стан доріг на сьогодні є не повністю вирішеним питанням в Україні і використати будь яку ділянку автомобільної дороги як тимчасову злітно-посадкову смугу є неможливим. Тому постає питання конструювання дорожнього одягу та визначення його надійності при будь якому виді будівництва враховуючи можливість використання ділянки автомобільної дороги для потреб військової авіації.

### **Мета роботи та наукова новизна**

Метою роботи є дослідження роботи дорожнього одягу для спільного використання як авіацією, так і автомобільним транспортом.

Новизною в роботі є дослідження надійності дорожнього одягу при спільному використанні ділянки автомобільної дороги як автомобільним транспортом, так і авіацією в умовах воєнного стану та післявоєнної відбудови.

### **Методика**

В Україні переважна протяжність автомобільних доріг має асфальтобетонне покриття. Також великою перевагою асфальтобетонного покриття перед цементобетонним є швидший ввід в експлуатацію ділянки автомобільної дороги, оскільки жорсткі дорожні одяги хоч і мають ряд переваг, проте є суттєві недоліки – висока ймовірність утворення тріщин у бетонних плитах та їх відображення з шарів основи на шари покриття, високі капітальні витрати на будівництво, неможливість відкриття руху відразу після будівництва – необхідність витримування 14 діб до набору від 70 % до 75 % міцності та 28 діб до набору міцності бетонного покриття [1]. Під час виконання бойових задач у військовий час швидкість відновлення інфраструктури є надважливим елементом в будівництві, тому в даній роботі методика розрахунку виконується для асфальтобетонних покриттів як таких, що є ремонтпридатними та швидковідновлювальними.

Враховуючи українську інтеграцію в НАТО та інші союзи, існує потреба в розвитку автомобільних мереж, їх надійності та логістиці. Тому є необхідність в розрахунку дорожнього одягу не тільки під сучасні навантаження від автомобілів, а й під навантаження від авіації, які застосовуються під час воєнного стану та забезпечення логістики в період атак на основну авіаційну інфраструктуру.

Прикладом застосування подібних аеродромів є навчання в Тайвані 2014 р., під час яких пілот на F-16 приземляється на автомагістраль з асфальтобетонним покриттям [2].

Для розрахунку надійності дорожнього одягу використано метод скінченних елементів (МСЕ), адже за допомогою таких розрахунків можна передбачити роботу покриття при різних ненормативних навантаженнях.

Такий метод розрахунку покриттів був запропонований ще в минулому столітті, але через недостатню потужність обчислювальних машин, МСЕ міг показувати неточності і розбіжності в порівнянні з іншими розрахунками, особливо на пружний прогин. Був проведений лінійний та нелінійний аналіз покриття. Така техніка подає фактичну нелінійну структуру дорожнього одягу як лінійну та неоднорідну зі значеннями модуля пружності, призначені для будь-якого елементу, які були обчислені раніше. Згодом результати обчислень порівнюють з показниками, виміряними в реальних умовах [3].

Сьогодні вже існує більше можливостей та програмних забезпечень для розрахунку конструкцій з допомогою МСЕ. Новітні технології дозволяють отримувати 3D моделі, розраховувати більше елементів, та включати більше змінних. Тим не менш, такі технології використовують рідко, тому що досі немає певного систематизування розрахунків та нормативних документів [4]. Однак, під конкретні задачі, це може слугувати важливим інструментом дослідження.

### Результати

Для оцінки ділянки і підбору проєктних рішень для проєктування проводять попередній аналіз, до якого входить: визначення кліматичного районування та шарів існуючого ґрунту, призначення покриття, потім отримати дані щодо типу транспорту та літаків, їх навантаження, перспективну інтенсивність. Після отримання таких вихідних даних проводиться розрахунок товщини шарів покриття та основи, розробка плану, визначення об'ємів земляних робіт [5].

Для оцінки вже існуючих аеродромів створюється спеціальна команда з офіцерів і експертів з логістики, зв'язку та безпеки, які мають провести польові випробування міцності покриття та ґрунту, та в разі екстреної необхідності бути готовими вже за добу прийняти літаки.

Також слід зауважити, що така необхідність контролю норм вищезазначених елементів обумовлюється багатозадачністю подібних аеродромів, адже за допомогою них можна скоротити час польоту, здійснювати дозаправку або переозброєння [6].

В дослідженні проводиться розрахунок шарів дорожнього одягу автомобільної дороги з врахуванням навантажень від авіації. Для цього застосовується програмний комплекс ABAQUS в системі Simulia.

В розрахунок враховуються особливості проєктування нежорстких дорожніх одягів аеродромних покриттів. Згідно [5] при розрахунках враховуються зони А, В та С в залежності від типу руху. Навантаження в цих місцях відповідно каналізоване з максимальним

навантаженням, неканалізоване з максимальним навантаженням та неканалізоване з навантаженням 75 %. Зони розподіляються відповідно до ймовірних місць приземлення та зльоту авіації.

### Висновки

1. Сучасні виклики і загрози, спричинені збройною агресією росії, примушують розглядати дорожню інфраструктуру як стратегічно важливі об'єкти, яка використовується у військовій логістиці. Інфраструктуру для використання автомобільних доріг як аеродром необхідно враховувати при будівництві нових автомобільних доріг, капітальному ремонті та реконструкції.

2. Аналіз досвіду країн НАТО та їх союзників, американської та європейської нормативної документації показує, що питання використання автомобільних доріг як тимчасовий аеродром носить системний характер. При виконанні проектних робіт будівництва автомобільної дороги в Україні потрібно впровадити в нормативній документації необхідність аналізувати можливість розміщення тимчасових аеродромів на автомобільних дорогах, враховуючи параметри плану та поздовжнього профілю. Також необхідність контролю норм розташування тимчасових аеродромів обумовлюється багатозадачністю подібних аеродромів, адже за допомогою них можна скоротити час польоту, здійснювати дозаправку або переозброєння.

3. Дослідженням встановлено необхідність розрахунку дорожнього одягу не тільки під сучасні навантаження від автомобілів, а й під навантаження від авіації, які застосовуються під час воєнного стану та забезпечення логістики в період атак на основну авіаційну інфраструктуру. Для розрахунку надійності дорожнього одягу використано метод скінченних елементів (МСЕ). за допомогою такого розрахунку передбачено роботу покриття при різних ненормативних навантаженнях. В дослідженні проводиться розрахунок шарів дорожнього одягу автомобільної дороги з врахуванням навантажень від авіації. Для цього застосовується програмний комплекс ABAQUS в системі Simulia.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Стьожка В. В. Підвищення довговічності цементобетонного покриття доріг за рахунок застосування гідрофобних хімічних добавок. Дороги і мости. 2020. Вип. 22. С. 128-137.
2. Hunt, K. Fighter jets land on highway as Taiwan war games begin. CNN : веб сайт. URL: <https://edition.cnn.com/2014/09/16/world/asia/taiwan-jet-fighters-freeway/>
3. Duncan J. M., Monismith C. L., Wilson E. L. Finite Element Analyses of Pavements. Highway Research Record, 1968. 228. P. 18–33. URL: <https://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/hrr/1968/228/228-003.pdf>
4. Салій І. В., Кияшко В. Т., Косарчук В. В., Агарков О. В., Ковальчук В. В., Чаусов М. Г. (2020). Сучасні методи аналізу напружено-деформованого стану дорожнього одягу. Екологічні науки, 6(33), 51-56. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.6-33.7>
5. Tri-service pavement working group (TSPWG) manual. Airfield pavement evaluation standards and procedures. COE, NAVFAC, AFCEC, 2020. 391 p. URL: <https://www.wbdg.org/ffc/dod/supplemental-technical-documents/tspwg-m-3-260-03-02-19>
6. Hatch B. V. Optimizing dispersed air operations: a concept to use highways as improvised airfields in a contested environment :manual: Maxwell Air Force Base, Alabama: Air university, 2015. 42 p. URL: <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/AD1012781.pdf>

## RESEARCH ON THE RELIABILITY OF PAVEMENT WHEN USING A SECTION OF THE HIGHWAY AS RUNWAY DURING A STATE OF WAR

O. F. LUZHITSKIY<sup>1\*</sup>, S. S. STASENKO<sup>2</sup>, V. V. BERDNIK<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup>Dep. «Transport Infrastructure», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail oleg.luzhickii@gmail.com, ORCID 0000-0001-6519-7447

<sup>2</sup>Dep. «Transport Infrastructure», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail stasenkoserhii@gmail.com, ORCID 0009-0002-6774-981X

<sup>3</sup>Dep. «Transport Infrastructure», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail slavikberdnik7@gmail.com, ORCID 0009-0003-1561-0928

**Abstract:** Researching the reliability of pavement when utilizing sections of highways as makeshift runways during a state of war is a critical aspect of Ukraine's logistical preparedness for defense. However, the challenge with such temporary airstrips lies in their compatibility with regular road traffic. In such cases, it is essential to anticipate the swift closure of the road and the establishment of high-quality detours since complete road closures cannot be tolerated during a state of war. Unfortunately, the current state of roads in Ukraine is not entirely suitable for this purpose, and using any section of the highway as a temporary runway is currently impractical. Hence, the question arises of designing road infrastructure and determining its reliability for various construction scenarios while considering the potential use of highway sections for military aviation needs.

*Keywords:* temporary airfield; highway; finite element method; post-war recovery;

### REFERENCES

1. Stozhka, V. Increasing the durability of cement concrete pavement due to the application of hydrophobic chemical additives. *Dorogi i mosti [Roads and bridges]*. Kyiv, 2020. Iss. 22. P. 128-137 (in Ukrainian).
2. Hunt, K. Fighter jets land on highway as Taiwan war games begin. CNN : web site. URL: <https://edition.cnn.com/2014/09/16/world/asia/taiwan-jet-fighters-freeway/> (in English)
3. Duncan J. M., Monismith C. L., Wilson E. L. Finite Element Analyses of Pavements. *Highway Research Record*, 1968. 228. P. 18–33. URL: <https://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/hrr/1968/228/228-003.pdf>. (in English)
4. Saliı I., Kiyashko V., Kosarchuk V., Agarcov O., Kovalchuk V., Chausov M. (2020). Modern methods of analysis of stress-strain state of road pavement. *Ekolohichni nauky [Environmental sciences]*, 6(33), 51-56. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.6-33.7> (in Ukrainian)
5. Tri-service pavement working group (TSPWG) manual. Airfield pavement evaluation standards and procedures. COE, NAVFAC, AFCEC, 2020. 391 p. URL: <https://www.wbdg.org/ffc/dod/supplemental-technical-documents/tspwg-m-3-260-03-02-19> (in English)
6. Hatch B. B. Optimizing dispersed air operations: a concept to use highways as improvised airfields in a contested environment :manual: Maxwell Air Force Base, Alabama: Air university, 2015. 42 p. URL: <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/AD1012781.pdf> (in English)

УДК 624.21.

## ВІДНОВЛЕННЯ МАЛИХ АВТОДОРОЖНИХ МОСТІВ ШЛЯХОМ ЗАМІНИ НА ВОДОПРОПУСКНІ ТРУБИ

В. А. МІРОШНИК<sup>1\*</sup>, П. А. ОВЧИННИКОВ<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup>Каф. «Транспортна інфраструктура», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта miroshnikvetal@gmail.com, ORCID 0000-0002-8115-0128

<sup>2</sup>Каф. «Транспортна інфраструктура», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта ravlovchinnikov@gmail.com, ORCID 0000-0003-1046-803X

**Анотація.** При відновленні автодорожнього мосту виникає питання вибору раціональних рішень та застосування сучасних матеріалів. Вибір оптимальних рішень може залежати від наступних факторів: 1. Визначення технічного стану споруди на основі обстеження; 2. Результати інженерно-геологічних досліджень; 3. Результати інженерно-геодезичних досліджень; 4. Особливі умови на будмайданчику; 5. Побажання замовника. Основною метою дослідження є аналіз вищенаведених пунктів та прийняття оптимального рішення з капітального ремонту чи реконструкції мосту. Для цього необхідно провести техніко-економічне порівняння варіантів відновлення мосту. Вибравши один варіант, проводяться всі необхідні розрахунки та детально розробляється проект будівництва водопропускної труби із збірних залізобетонних елементів.

*Ключові слова:* малий міст; відновлення; водопропускна труба

### Вступ та мета

Більшість малих автомобільних мостів які знаходяться на дорогах місцевого рівня знаходяться в 4-5 технічному стані відповідно до ДСТУ 9181:2022 [1]. При таких характеристиках малі мости відповідно до ГБН Г.1-218-182:2011 [2] можна замінювати на водопропускні труби із забезпеченням вимог водопропуску.

Відповідно до ДБН В.2.3-22:2009 [3] споруди треба запроєктувати так, щоб, за умови відповідності проєкту і при виконанні правил утримання, її складові елементи мали протягом проєктного строку служби надійність не нижче від нормованої. Споруда має залишитися придатною до функціонування, спроможною витримувати всі навантаження та впливи, які регламентовано відповідними стандартами і які можуть виникати в процесі спорудження та експлуатації.

Проєкт розробляється з дотриманням таких умов, щоб мінімізувалися можливість руйнування мосту та втрати від ушкодження його елементів у результаті аварій транспорту, пожежі, терористичних актів і людських помилок при експлуатації.

Для основних елементів моста проєктний строк служби встановлюється даними таблиці 4.3 [3]. Проєктний строк служби моста в цілому визначається за мінімальним строком служби основного елемента (опор чи прогонових будов). Проєктний строк служби труб встановлюється 50 років.

### Методика

Водопрпускні труби належить проектувати на розрахункові витрати, як правило, для безнапірного режиму роботи. Допускається передбачати напівнапірний і напірний режими роботи водопрпускових труб. При цьому під оголовками і ланками треба передбачати фундаменти, а за необхідності також протифільтраційні екрани. Крім того, при напірному режимі треба застосовувати спеціальні входні оголовки і забезпечувати водонепроникність швів між торцями ланок і секціями фундаментів, надійне кріплення русла, стійкість насипу проти напору і фільтрації води.

Технічне завдання на проектування має містити вимоги до зміни габаритів проїзду, тротуарів, про зміну підмостових габаритів тощо. Габарити моста, що підлягає відновленню, встановлюють за перспективною категорією дороги з прийняттям, за можливості, габаритів згідно з додатком В [3]. Встановлення габаритів менших за визначені в цьому додатку можливо лише при відповідному техніко-економічному обґрунтуванні. Габарити тротуарів приймаються в залежності від інтенсивності пішохідного руху.

Доцільність збільшення тимчасових рухомих навантажень слід вирішувати на підставі техніко-економічних обґрунтувань з урахуванням існуючої вантажопідйомності моста, віку споруди та її технічного стану, а також проектної довговічності. Якщо приймається рішення лише про поновлення первісної вантажопідйомності, то при визначенні зусиль в елементах моста тимчасове рухоме навантаження та схеми його розташування приймаються за нормами, за якими вони проектувалися вперше, відповідно до таблиці 8.1 [3].

Оскільки більшість існуючих мостів були побудовані (і більшість типових конструкцій запроєктовані) під навантаження Н-30/НК-80 і менше, а фактична вантажопідйомність, з урахуванням можливих дефектів під час руйнування, може бути ще меншою, то під час визначення проектних рішень дуже часто виникає питання підвищення пропускної здатності мосту відносно фактичної. В залежності від факторів вибору, ремонтні заходи можуть варіюватись від часткової до повної заміни балок прогонових будов чи повністю конструкції.

Варто відмітити деякі переваги застосування водопрпускових труб у якості заміни малих мостів:

- менші експлуатаційні витрати. Крім очевидних чинників зменшення таких витрат, використання перспективних само-лікуючих матеріалів може зменшити необхідність операційної експлуатації до такої, що близька до нуля;
- можливість збільшення вантажопідйомності без удорожчання вартості і складності будівельних конструкцій;
- при зменшенні розмірів елементів конструкції, або використанні конструкцій з легких матеріалів (ПВХ, легкі бетони, інші перспективні матеріали) – відсутність важкої вантажопідйомної техніки, що може спростити виконання робіт, а також дозволити швидке тимчасове відновлення;
- за необхідності – відсутність робіт з улаштування мостового полотна (рух над трубами можна відкривати після робіт з засипки труби з ущільненням ґрунту).

### Результати та обговорення

В якості прикладу проектування, можна привести міст через суходіл розташований на автодорозі Т-05-13 Лиман-Бахмут-Горлівка на км 73+641 у Бахмутському районі, Донецькій області. Категорія дороги – III. Міст знаходиться на околиці с. Одрадівка. Висота отвору моста

– 1,7 м; схема мосту –  $1 \times 6,0$ ; довжина мосту – 6,7 м; габарит мосту – Г- 9,7+2 $\times$ 1,2 м; отвір моста – 4,7 м. Міст збудований в 1958 році під вертикальні навантаження Н-18, НК-80.

Провівши аналіз технічного стану існуючого мосту, інженерно-геодезичних та інженерно-геологічних умов, було запропоновано чотири варіанти капітального ремонту мосту:

- варіант №1 – влаштування нової прогонової будови ІПР6 та монолітної залізобетонної розподільчої (об'єднуюча) плити проїзної частини;
- варіант №2 – металева гофрована труба;
- варіант №3 – влаштування нових плитних прогонових будов та монолітної залізобетонної розподільчої (об'єднуюча) плити проїзної частини;
- варіант №4 – двоочкова залізобетонна водопропускна труба 2 $\times$ 1,5 м;

Провівши техніко-економічне порівняння варіантів капітального ремонту мосту, для подальшого розроблення було прийнято варіант №4 – двоочкова труба 2 $\times$ 1,5 м, яка на 28 % дешевша від мостів.

Для підбору параметрів водопропускної труби необхідно виконати такі розрахунки:

1. Визначити величину зливового та талого стоку.
2. Підібрати отвір водопропускної труби.
3. Визначити навантаження які діють на основу фундаменту труби, розрахунковий вертикальний тиск на ланки труби від ваги насипу та від рухомого навантаження.
4. Перевірити достатність ширини підшви фундаменту по міцності несучого шару і несучої здатності підстиляючого шару.
5. Виконати розрахунок параметрів щебенево-піщаної подушки або залізобетонного фундаменту.

Для виконання заміни малого мосту на водопропускну трубу необхідно виконати такі роботи (рис. 1-2):

1. Демонтаж конструкцій існуючого мосту;
2. Влаштувати щебенево-піщану підготовку під залізобетонні труби;
3. Встановити елементи збірної залізобетонної труби (ланка середньої частини ЗК 9.100, оголовків Ст 12 d1500, відкрілкв СТ 6 л(п)) в проектне положення;
4. Виконати гідроізоляцію усіх конструкцій водопропускної труби;
5. Засипка труби виконується м'яким ґрунтом, який добре ущільняється, із пошаровим (15...20 см) трамбування кожного шару ручними трамбівками біля труби та самохідними вібраційними котками (4 проходки);
6. Влаштувати на вихідній ділянці водопропускної труби рісберму з наступним заповненням її каменем та укріплення відкосів насипу і русла монолітним бетоном.
7. Влаштувати дорожній одяг та металеве бар'єрне огороження проїзної частини.



## RECONSTRUCTION OF SMALL HIGHWAY BRIDGES BY REPLACING THEM WITH CULVERTS

V. A. MIROSHNYK<sup>1\*</sup>, P. A. OVCHYNNYKOV<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup>Dep. «Transport Infrastructure», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail miroshnikvetal@gmail.com, ORCID 0000-0002-8115-0128

<sup>2</sup>Dep. «Transport Infrastructure», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail pavlovchinnikov@gmail.com, ORCID 0000-0003-1046-803X

**Abstract:** When restoring a highway bridge, the question of choosing rational solutions and using modern materials arises. The choice of optimal solutions may depend on the following factors: 1. Determination of the structure's technical condition based on the survey; 2. Results of engineering and geological research; 3. Results of engineering and geodetic research; 4. Special conditions on the construction site; 5. Customer's wishes. The main purpose of the survey and research is to analyze the above points and make the optimal decision on capital repair or reconstruction of the bridge. To do this, it is necessary to carry out a technical and economic comparison of bridge restoration options. Having chosen one option, all the necessary calculations are made and a project for the water culvert construction from prefabricated reinforced concrete elements is developed in detail.

*Keywords:* small bridge; restoration; water culvert

### REFERENCES

1. DSTU 9181:2022 Guidelines for assessing and predicting the technical condition of highway bridges. (in Ukrainian)
2. GBN G.1-218-182:2011 Repair of public roads. Types of repairs and list of works. (in Ukrainian)
3. DBN B.2.3-22:2009 Bridges and culverts. Basic design requirements. (in Ukrainian)

УДК 623.674.

## ЗАСТОСУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ БЕЗПЛОТНИХ АПАРАТІВ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ РОБІТ З РОЗМІНУВАННЯ МІСЦЕВОСТІ

Г. Ю. МОСКАЛЬОВ<sup>1\*</sup>.

<sup>1\*</sup>Каф. «Військової підготовки спеціалістів Держспецтрансслужби», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта gennadijj-moskalev@i.ua ORCID 0000-0001-9989-8014

**Анотація.** За офіційними даними площа замінованої частини України складає 200000км<sup>2</sup>. Для вирішення проблеми розмінування залучені інженерно-саперні, піротехнічні підрозділи Сил Оборони та неурядові компанії і організації. Переважна більшість робіт щодо пошуку і знищення вибухонебезпечних предметів проводиться вручну. Для підвищення безпеки персоналу, що здійснює роботи з розмінування місцевості, зменшення часу виконання робіт доцільно використовувати засоби механізації, обладнання безпілотних апаратів.

*Ключові слова:* розмінування, засоби механізації, безпілотні літальні апарати.

Організація і проведення робіт з гуманітарного розмінування виконується відповідно закону України про протимінну діяльність в Україні [1], інструкції(Інструкція) про порядок виконання робіт з виявлення, знешкодження та знищення вибухонебезпечних предметів[2], стандартних операційних процедур у Державній спеціальній службі транспорту з протимінної діяльності[3]. Відповідно Інструкції здійснюються певні етапи виконання робіт: нетехнічне обстеження, технічне обстеження, маркування території, очищення забрудненої території. На всіх етапах необхідно досягати проведення операційних процедур у суворій відповідності для збереження, в першу чергу, життя і здоров'я операторів протимінної діяльності. Одним із факторів, що впливає на безпечне виконання робіт з розмінування є технічне оснащення груп, застосоване обладнання і засоби, що дозволяє на етапах технічного, нетехнічного обстеження, маркування і очищення територій своєчасну, якісну ідентифікацію вибухонебезпечного предмета (ВНП).

Технічне оснащення, обладнання і засоби поділяються на механічні, оптичні та електричні (електронні) засоби і обладнання. На сучасному етапі впроваджується досвід використання безпілотних засобів пошуку ВНП. Вони поділяються на наземні і літаючі. Найбільшого поширення при використанні мають саме літаючі (БПЛА). Їх в першу чергу використовують, як засіб детального оптичного спостереження, ідентифікації ВНП, які розміщені на поверхні ґрунту, визначення меж забруднених ділянок і територій, визначення характерного рельєфу місцевості розмінування. Для таких цілей може використовуватися апарати цивільного призначення із вбудованими камерами високої роздільної здатності. За певних погодних умов та годин доби можливе використання тепловізорів, як навісне або вбудоване обладнання БПЛА для виявлення наземних мін і боєприпасів. Цей спосіб виявлення ВНП заснований на різній теплоємності металу та навколишнього ґрунту.

Більш складне завдання – визначення в ґрунті наявності ВНП та їх типу. Для вирішення його необхідне спеціальне обладнання (магнітометри) з програмним забезпеченням. Магнітометри – прилади, які вимірюють показники магнітного поля. Магнітне поле Землі може викривлятися феромагнітними матеріалами. Виявлення таких об'єктів відбувається шляхом реєстрації відхилень від даних магнітного поля певної місцевості до фактичних показників приладу. Головним недоліком магнітометрів є їхня нездатність виявляти предмети, виготовлені з кольорових металів, пластмаси, дерева і т.і. До того ж магнітометр може реагувати як на залізо, так і на природні магнітні аномалії (поклади мінералів). Програмне забезпечення виконує функцію співставлення результатів вимірювань приладу з типовими показниками, які відповідають показникам різних типів мін і боєприпасів. Вага такого обладнання значна – до 10 кг, тому для його переміщення над поверхнею ґрунту необхідно використовувати БПЛА вантажопідйомністю  $\geq 15$  кг. Система кріплення магнітометра до носія має свої особливості і вимагає розміщення його не менше ніж на 2м нижче підвісного кільця. Це зумовлено тим, що під час роботи магнітометр створює потужне магнітне поле випромінювання, яке впливає на роботу навігаційної системи БПЛА. Вказаний прилад передає дані пошуку в реальному часі на головну станцію керування, яка збирає результати пошуку. Швидкість здійснення пошуку таким обладнанням складає від 2 до 5 м/с. Продуктивність роботи комплексу складає до 15 га за добу.

Переваги використання літаючих засобів пошуку:

- дистанційний збір інформації про наявність ВНП на даній території;
- значна продувність пошуку;

- одночасно зі збором інформації про ВВП можливо визначати координати їх розміщення.

Суттєві недоліки:

- обмеженість роботи на ділянках з густою і високою рослинністю;
- практично неможливе застосування на лісистих територіях, лісопосадках, щільній міській забудові, ділянках місцевості, що розташовані під і поряд високовольтних ЛЕП;
- більшість рушіїв БПЛА електричні, живлення яких має нетривалий термін.

Наземні безпілотні засоби для проведення робіт з розмінування до російсько-української війни використовувались обмежено. Їх кількість в силових структурах країни була одиничною так, як застосовувались вони в антитерористичних заходах. Наразі спектр завдань для такого типу безпілотних засобів суттєво збільшився:

- здійснення пошуку ВВП на лісистих територіях, лісопосадках, щільній міській забудові;
- дистанційне переміщення/вилучення предметів і ВВП в будівлях;
- дистанційне знищення протипіхотних і протитанкових мін (ПФМ-1, ПОМ-2, ПОМ-3, ПТМ-1, ПТМ-3, ПТМ-4).

База безпілотних засобів може бути на колісному чи гусеничному ходу в залежності від специфіки завдань.

Переваги:

- дистанційне проведення робіт з пошуку або знищення ВВП;
- відносна швидкість виконання робіт;
- виконання завдань розмінування в обмеженому просторі.

Недоліки:

- практично неможливо виконувати роботи на ділянках з густою і високою рослинністю, складним рельєфом місцевості;
- нетривалий час роботи.

Шляхи подальшого вдосконалення:

- збільшення терміну роботи безпілотних апаратів шляхом збільшення ємності джерел живлення;
- створення багатоканальної пошукової системи, що базується на індукційному, радіохвильовому методі пошуку ВВП, що дасть можливість знаходження ВВП, вміст металевих елементів в яких мінімальний (міни в неметалевих корпусах, неметалевих підриивників мін, саморобних вибухових пристроїв (СВП)).

Враховуючи переваги і недоліки БПЛА і безпілотних засобів підрозділи Сил Оборони обмежено використовують їх для виконання завдань щодо пошуку, знищення ВВП. Причин цьому є декілька: значна кількість зразків обладнання виготовлена в одиничній кількості, висока вартість імпортованих комплектуючих, відсутність серійного виготовлення і як наслідок недостатня їх кількість в підрозділах, недостатня державна фінансова підтримка виробництва.

Таким чином, застосування безпілотних апаратів є доцільним при виконанні робіт з розмінування території. В першу чергу, перевагою є те, що оператор протиміної діяльності знаходиться на безпечній відстані від місця проведення робіт з розмінування.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Закон України від 06.12.2018 № 2642-VIII «Про протимінну діяльність в Україні».
2. Наказ начальника Генерального штабу Збройних Сил України №55 від 13.02.2020 року. «Про затвердження Інструкції про порядок виконання робіт з виявлення, знешкодження та знищення вибухонебезпечних предметів».
3. Наказ Голови Адміністрації Державної спеціальної служби транспорту №35 від 10.02.2022 року «Про затвердження стандартних операційних процедур у Державній спеціальній службі транспорту з протимінної діяльності».
4. Кривцун В., Збрицький, О., Ковальчук В. (2023). Дослідження процесів виявлення вибухонебезпечних предметів індукційним та радіохвильовим методами на основі результатів однофакторних експериментів. Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, 26, 73-80.
5. Тенденції розвитку форм і способів збройної боротьби в сучасних локальних війнах і збройних конфліктах: [монографія] / [П. П. Ткачук, С. П. Мосов, А. П. Красюк та ін.]; за ред. к.іст.н. Г. П. Воробійова. – Львів: НАСВ, 2015. – 90 с.

## APPLICATION OF UNMANNED DEVICE EQUIPMENT DURING LAND CLEARING WORKS

H. Y. MOSKALOV<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup> Dep. «Department of military training of State special transport service specialists», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail gennadijj-moskalev@i.ua, ORCID 0000-0001-9989-8014

**Abstract:** According to official data, the area of the mined part of Ukraine is 200,000 km<sup>2</sup>. To solve the problem of demining, the engineering and demining, pyrotechnic units of the Defense Forces and non-governmental companies and organizations are involved. The vast majority of work related to the search and destruction of explosive objects is carried out manually. In order to increase the safety of the personnel carrying out demining work in the area, to reduce the time of the work, it is advisable to use means of mechanization, equipment of unmanned aerial vehicles.

**Keywords:** demining, means of mechanization, unmanned aerial vehicles

## REFERENCES

1. 1. Law of Ukraine dated 06.12.2018 No. 2642-VIII "On Mine Action in Ukraine".
2. 2. Order of the Chief of the General Staff of the Armed Forces of Ukraine No. 55 dated February 13, 2020. "On the approval of the Instructions on the procedure for the detection, neutralization and destruction of explosive objects."
3. 3. Order of the Head of the Administration of the State Special Service of Transport No. 35 dated February 10, 2022 "On approval of standard operating procedures in the State Special Service of Transport for Mine Action".
4. 4. Krivtsun, V., Zbrutskyi, O., & Kovalchuk, V. (2023). Research of the processes of detection of explosive objects by induction and radio wave methods based on the results of one-factor experiments. Bulletin of the Lviv State University of Life Safety, 26, 73-80.
5. 5. Trends in the development of forms and methods of armed struggle in modern local wars and armed conflicts: [monograph] / [P. P. Tkachuk, S. P. Mosov, A. P. Krasnyuk, etc.]; under the editorship Doctor of Science H. P. Vorobyov. - Lviv: NASV, 2015. - 90 p.

## РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ МОБІЛЬНИХ ГАБІОННИХ КОНСТРУКЦІЙ В ХОДІ ВІДНОВЛЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ІНФРАСТРУКТУРИ

Р. Б. НОВИК<sup>1\*</sup>, В. В. ГУДІМОВ<sup>2\*</sup>, М. В. БОРЕНКО<sup>3\*</sup>

<sup>1\*</sup>Каф. «Військової підготовки спеціалістів Держспецтрансслужби», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел.пошта rus.novik.1980@gmail.com, ORCID 0000-0002-2571-6641

<sup>2\*</sup>Каф. «Військової підготовки спеціалістів Держспецтрансслужби», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел.пошта gudviktor777@gmail.com, ORCID 0000-0002-6630-650X

<sup>3\*</sup>Каф. «Військової підготовки спеціалістів Держспецтрансслужби», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта btmw1961@ukr.net, ORCID 0000-0001-9578-3906

**Анотація.** За досвідом російсько-української війни, проведення ООС (АТО) та дослідження в цій галузі визначили, що заходи з ФО, що виконуються військами своїми силами, можуть значно посилити їх живучість і стійкість. Кожна ділянка місцевості повинна бути перетворена у міцний опорний пункт, бойову і вогневу позицію, справжню фортецю з круговою обороною, яка забезпечує довготривале їх утримання навіть в оточенні противником. Таким чином питання які пов'язані з підвищенням живучості своїх військ (сил) та шляхи її підвищення за рахунок розробки відповідних рекомендацій досить актуальне завдання в сучасних умовах.

**Ключові слова:** габіон; мобільні габіонні конструкції; живучість військ; стійкість; фортифікаційне обладнання; фортифікаційні споруди; район відновлення.

### Вступ та мета

Інженерна підтримка в оборонній операції здійснюється з метою створення військам (силам) сприятливих умов у ході виконання визначених завдань. Одне із завдань інженерної підтримки є виконання інженерних заходів щодо підвищення живучості та безпеки військ (сил) і об'єктів, яке включає виконання основних інженерних заходів, щодо: посилення загальновійськових підрозділів для фортифікаційного обладнання (ФО) позицій та районів; будівництво захисних споруд на пунктах управління; проведення інженерних заходів безпеки операції (бою) в тому числі маскуванню та імітації; надання допомоги з розчищення зон (секторів) обстрілу; методичну та практичну допомогу військам у будівництві вогневих і захисних споруд та виборі елементів інфраструктури для ведення бойових дій і захисту [1, 2].

Тому, мета доповіді полягає в розробці рекомендацій щодо застосування мобільних габіонних конструкцій в ході проведення відновлення об'єктів інфраструктури на деокупованих територіях.

### Методика

Разом з модульними спорудами у зоні бойових дій з 2014 року широко застосовують і мобільні габійні конструкції (МГК). Вони зарекомендували себе як прості та надійні фортифікаційні споруди. Із застосуванням мобільних габійних конструкцій можливе зведення різноманітних фортифікаційних споруд в умовах обмеженого матеріального забезпечення та мінімального часу на виконання заходів ФО без засобів механізації, що вкрай важливо в умовах російсько-української війни [3, 4]. Одним із основних виробників дослідних зразків габійних конструкцій в Україні, які заявили про себе є ПП «ОРТОСВІТ» які виробляють бастіони «Заграда», ТзОВ «ВІАКОН УКРАЇНА» виробник мобільних габійних конструкцій та ТзОВ ВКФ «ПІПТ» виробник модульних фортифікаційних складних габійнів і комплектів мобільних габійних конструкцій «Гарда-3М1», «Гарда-3М2», «Гарда-3М3» для укріття особового складу, спостереження та ведення вогню. Надалі пропонуємо коротко провести аналіз можливості застосування та основних захисних характеристик зазначених мобільних габійних конструкцій та комплектів мобільних габійних конструкцій «Гарда-3М1», «Гарда-3М2», «Гарда-3М3».

Габійні конструкції складаються з металевої сітки, з'єднувальної спіралі, тканинного контейнера та запираючого пристрою (стрижня – для з'єднання конструкцій між собою).

Так, габійні конструкції – об'ємні сітчасті конструкції різноманітної форми із металевої сітки (з дротяними крученими шестикутними чарунками або прямокутними чарунками із зварними швами), що заповнюються камінням, піском, ґрунтом для облаштування фортифікаційних споруд в зонах проведення бойових дій, для швидкого спорудження захисних загороджень по периметру розташування військових підрозділів, облаштування блокпостів, з метою захисту особового складу від засобів ураження (уламків, куль тощо) [5, 6]. Габійні конструкції повинні бути міцними та забезпечувати швидке зведення та демонтаж захисних споруд. Ширина та довжина габйону не повинні відрізнятись на більш ніж  $\pm 5\%$  від замовленого розміру до заповнення.

Габійні конструкції та їх компоновання повинні відповідати вимогам які висуваються до фортифікаційних споруд, та мають забезпечувати швидке розгортання (згортання) на необхідну відстань з можливістю швидкого заповнення (спустошення) контейнерів підручними матеріалами (пісок, ґрунт, камінь і т.п.) як за допомогою засобів механізації, так і вручну. У зв'язку з необхідністю швидкого розгортання (згортання) габійних конструкцій, зручності обслуговування, а також швидкого їх пересування, широкою географією застосування виробі транспортуються автомобілями підвищеної прохідності, авіатранспортом. Сітки, як правило, виготовляються з шестикутними чарунками взаємозкрученими (звитими) дротами методом закручування двох дротів в одному напрямку на повний оберт 1800 з мінімальною кількістю зруток рівних трьом або з прямокутними чарунками зі зварними швами.

В сітці не повинно бути незвитих або розірваних дротів. Дозволяється зрощувати кінці дроту надставкою, скруткою або зварюванням. Довжина скрутки або надставки повинна бути не більше 10 мм, кількість усунутих розривів не більше 1 на 10 м довжини. В сітці не повинно бути незвитих або розірваних дротів. Дозволяється зрощувати кінці дроту надставкою, скруткою або зварюванням. Довжина скрутки або надставки повинна бути не більше 10 мм, кількість усунутих розривів не більше 1 на 10 м довжини. Габійні конструкції повинні бути стійкими до впливу: механічних навантажень (вібраційних, ударних, вітрових та ін.); зміни

температур зовнішнього середовища від  $-50^{\circ}\text{C}$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ ; атмосферних опадів та вологості повітря до 100%; дії агресивних рідин, масел та олив; короткочасного впливу вогню. Габіонні конструкції повинні мати захисне забарвлення з урахуванням фону навколишньої місцевості та задовольняти вимоги зносостійкості (у тому числі впливу снігу, обледеніння, вигорання та ін.).

Також габіонні конструкції в плані зручності технічного обслуговування, ремонту і зберігання повинні забезпечувати: цілодобову експлуатацію протягом року в польових умовах; зручність і швидкість підготовки її до застосування; можливість контролю справного стану та зручність обслуговування та ремонту в польових умовах; використання штатних засобів механізації для розгортання та встановлення; можливість зберігання на відкритих майданчиках, під навісами, в сховищах та ін.

Габіонні конструкції (у штатній упаковці) повинні зберігати експлуатаційні характеристики в процесі, і після транспортування наступними видами транспорту: залізничним і водним транспортом без обмеження відстані, швидкостей, навантаженням і розвантаженням на ґрунт; автомобільним транспортом по асфальтованих, брукових і ґрунтових дорогах і по бездоріжжю (у тому числі по твердому ґрунті) з навантаженням і розвантаженням на ґрунт; у процесі і після авіадесантування.

#### **Виклад основного матеріалу дослідження з обґрунтуванням отриманих наукових результатів**

Орієнтовні норми часу на розгортання та згорання секцій габіонних конструкцій з п'яти модулів в денний час доби, при температурі навколишнього середовища близько  $10^{\circ}\text{C}$  та швидкості вітру до 7 м/с приведені в табл. 1. Після згорання та обслуговування габіонні конструкції можуть встановлюватись повторно. Розглянемо комплект МГК «Гарда-3М3», призначений для швидкого зведення фортифікаційної споруди для захисту особового складу, спостереження та ведення вогню. Основою комплексу є мобільні габіонні конструкції.

Типова конструкція має товщу стін від 1,03-1,2 м, перекриття 0,4-0,5м, і забезпечує надійний захист під час обстрілу з боків стрілецькою зброєю калібром до 14,5 мм та дії осколково-фугасних снарядів калібром до 30 мм. Склад комплексу: набір секцій МГК 1-го ярусу – 1 к-т.; набір секцій МГК 2-го ярусу – 1 к-т.; набір секцій МГК 3-го ярусу – 1 к-т.; бійниці – 3 шт.; щити перекриття з опорними та з'єднувальними елементами – 3 шт.; листи профнастилу – 1 к-т.; гідроізоляційної плівка ( $10\text{ м}^2$ ) – 1 шт.; кондуктори – стяжки – 4 шт.; кріпильний набір з штирів та пружин – 1 шт.; інструкція – 1 шт. Необхідні сили і засоби для розгортання: особовий склад – 4 чол.; техніка – екскаватор або фронтальний ковшовий навантажувач з оператором – 1шт. Інструменти що застосовується: лопати типу БСЛ-110 – 4 шт.; ніж – 2 шт.; кусачки (плоскогубці) – 1 шт.; короткий лом (фомка) – 1 шт.; болторізнi ножиці – 1шт. Орієнтовний час розгортання – 2-4 год., залежно від ґрунту, кваліфікації особового складу, способу заповнення габіонів.

Таблиця 1

## Орієнтовні норми часу на розгортання та згортання секцій габійних конструкцій з п'яти модулів

Найменування показників		Орієнтовні норми часу, хв				
		пісок	глинястий ґрунт	чорнозем	піщано-гравійна суміш	піщано-вапнякова суміш
Час розгортання секції (монтаж)	4 всл.	83	93	96	106	101
	екскаватор ЕОВ-4421 та 2 всл.	57	56	55	58	53
Час згортання секції (демонтаж)	4 всл.	35	38	41	31	33
	екскаватор ЕОВ-4421 та 2 всл.	22	24	25	19	23
Складання в транспортне положення		10	10	10	10	10

Дана споруда захищає особовий склад від ураження стрілецькою зброєю, пострілів 30 мм гармат та, з додатковою обсіпкою фронтальних стінок, ручного протитанкового гранатомета. МГК у військових формуваннях на сході країни в зоні російсько-української війни використовують понад два роки та зарекомендували себе як надійні модульні фортифікаційні споруди. [5, 6].

#### Висновки з даного дослідження і перспективи подальших досліджень у даному напрямку

Таким чином із застосуванням мобільних габійних конструкцій можливе зведення різноманітних фортифікаційних споруд в умовах обмеженого матеріального забезпечення та мінімального часу на виконання заходів ФО, що вкрай важливо при проведенні відновлювальних робіт на де окупованих територіях. Дослідження характеру стійкості габійних конструкцій від протикульового і протигранатного впливу, простоти зведення, можливості легкого транспортування та повторного використання доводить доцільність їх застосування у якості мобільних фортифікаційних споруд. Хоча фортифікаційні споруди з мобільних габійних конструкцій є відносно новими засобами захисту та вони вже врятували не одне життя і заслужили славу необхідної та надійної складової польової фортифікації та подальше їх удосконалення лише підвищить живучість військ на позиціях та в районах їх розташування.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Доктрина з інженерної підтримки застосування військ (сил): затв. Начальником Генерального штабу Збройних Си України [від 28.10.2020].
2. Проблемні питання підтримки дій військ (сил) Збройних Сил України в ході відбиття широкомасштабної збройної агресії російської федерації проти України (операції

- Об'єднаних сил) та шляхи їх вирішення. Тези наук.-практ. сем. (Київ, 28 жовтня 2022). Київ, 2022. 198 с.
3. Фортифікація та маскування. Навчальний посібник. Частина I. Фортифікаційне обладнання та маскування позицій і районів розташування військ (сил) в Антитерористичній операції / С.І. Дяков, О.Л. Колос, А.А. Вертєвський та інші. Львів, 2016. 120 с.
  4. Державне підприємство Міністерства оборони України «Центральний проектний інститут» Будівництво інженерних споруд з метою зміцнення обороноздатності держави. Альбом. Споруди взводного опорного пункту. Архітектурно-будівельні рішення. ЦПІ МО., Київ., 2015 52 с.
  5. Методичні рекомендації з інженерного обладнання районів оборони (опорних пунктів та позицій), базових таборів, блокпостів. Київ, 2018.

### RECOMMENDATIONS FOR THE APPLICATION OF MOBILE GABION CONSTRUCTIONS DURING THE RESTORATION OF INFRASTRUCTURE FACILITIES

R.B. NOVIK<sup>1\*</sup>, V.V. GUDIMOV<sup>2</sup>, M.V. BORENKO<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup>Department of military training of State special transport service specialists, Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail rus.novik.1980@gmail.com, ORCID 0000-0002-2571-6641

<sup>2</sup>Department of military training of State special transport service specialists, Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail gudviktor777@gmail.com, ORCID 0000-0002-6630-650X

<sup>3\*</sup>Department of military training of State special transport service specialists, Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail bmw1961@ukr.net, ORCID 0000-0001-9578-3906

**Abstract:** According to the experience of the Russian-Ukrainian war, the conduct of Joint Forces Operation (ATO) and research in this field, it was determined that measures against FD, carried out by the troops on their own, can significantly increase their survivability and stability. Each part of the terrain must be transformed into an enduring stronghold, a combat and firing position, a real fortress with a circular defense that ensures their long-term retention even when surrounded by the enemy [3, 4]. Thus, issues related to increasing the survivability of one's troops (forces) and ways to increase it due to the development of relevant recommendations are quite an urgent task in modern conditions.

**Keywords:** gabion; mobile gabion constructions; survivability of troops; endurance; fortification equipment; fortifications; recovery area.

### REFERENCES

1. Doctrine of engineering support for the use of troops (forces): approved. Chief of the General Staff of the Armed Forces of Ukraine [as of October 28, 2020]. (in Ukrainian)
2. Problematic issues of supporting the actions of the troops (forces) of the Armed Forces of Ukraine in the course of repelling the large-scale armed aggression of the Russian Federation against Ukraine (Joint Forces Operation) and ways of solving them. Theses of science and practice workshop (Kyiv, October 28, 2022). Kyiv, 2022. 198 p. (in Ukrainian)

3. Fortification and camouflage. Training manual. Part I. Fortification equipment and masking of positions and locations of troops (forces) in the Anti-terrorist operation / S.I. Dyakov, O.L. Kolos, A.A. Verstivskiy and others. Lviv, 2016. 120 p. (in Ukrainian)
4. State Enterprise of the Ministry of Defense of Ukraine «Central Design Institute» Construction of engineering structures with the aim of strengthening the state's defense capability. Album. Structures of the platoon stronghold. Architectural and construction solutions. Central Design Institute MDU, Kyiv., 2015 52 p. (in Ukrainian)
5. Methodical recommendations for engineering equipment of defense areas (strongholds and positions), base camps, checkpoints. Kyiv, 2018. (in Ukrainian)

УДК 624.873

## СУЧАСНИЙ СТАН ВІЙСЬКОВИХ НАПЛАВНИХ МОСТІВ У КРАЇНАХ НАТО, ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МОБІЛЬНОСТІ ТА ОБОРОНОЗДАТНОСТІ

I. С. ОСТАПЕНКО<sup>1\*</sup>, М. В. ГЕРНИЧ<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup>Каф. «Військової підготовки спеціалістів Держспецтрансслужби», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта kvpsdsst.department@ust.edu.ua, ORCID 0000-0003-2232-7138

<sup>2</sup>Каф. «Військової підготовки спеціалістів Держспецтрансслужби», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта gernich.nikolau@gmail.com, ORCID 0000-0002-5069-4798

**Анотація.** У доповіді розглянутий підхід військових країн НАТО до наведення наплавних переправ через водні перешкоди для забезпечення руху найважчих зразків озброєння та військової техніки, вирішення завдань забезпечення військової мобільності та ефективності оборони в умовах сучасних геополітичних викликів. Автори аналізують різні типи наплавних мостів, включаючи амфібійні мости, мости стрічки та мости логістичного забезпечення і визначають їх важливість для ефективного реагування на кризові ситуації та швидкого розгортання військ. Дослідження показує, що парк наплавних засобів у країнах НАТО вражає своєю різноманітністю та модульністю, дозволяючи швидко подолати водні перешкоди та забезпечити необхідну мобільність військ і техніки. Висновки підкреслюють важливість розвитку та підтримки цих засобів для сучасних військових операцій і оборони.

*Ключові слова:* військові переправи; амфібійні мости; міст стрічка; логістичне забезпечення.

### Вступ та мета

Сучасні геополітичні умови та зростаючі виклики, які стоять перед країнами НАТО, роблять важливим завданням забезпечення військової мобільності та ефективності оборони. Одним з основних факторів, який відіграє критичну роль у цьому контексті, є наявність військових наплавних мостів. Ці інженерні споруди, які забезпечують швидке переміщення військ і техніки через водні перешкоди, визнані необхідними компонентами сучасних військових операцій і оборони.

Військові наплавні мости мають важливе значення для ефективного реагування на кризові ситуації, швидкого розгортання військ у різних регіонах та забезпечення необхідної мобільності, особливо в умовах сучасного світу. Створення та підтримка таких мостів вимагає

не лише розвитку новітніх технологій у цій галузі, але і оновлення підтримки існуючих комплектів з метою забезпечення високої мобільності, стабільності та надійності.

### Методика

Проаналізувавши наявний на озброєнні країн НАТО парк наплавних засобів, здатних за своєю вантажопідйомністю забезпечити переправу всіх наявних зразків військової техніки, можна умовно поділити на три групи:

1. Амфібійні мости, паромно-мостові машини.
2. Мости стрічки.
3. Збірно-розбірні наплавні системи.

До амфібійних мостів відноситься амфібійний міст та паромна система М3 (рис.1) та його попередні версії. М3 може самостійно пересуватися по дорозі, функціонуючи як 4x4 колісний транспортний засіб з максимальною швидкістю до 80 км/год [1]. Для амфібійної операції використовуються два великі алюмінієві понтони, які розкладаються вздовж довжини корпусу. Екіпаж виходить із кабіни транспортного засобу, щоб керувати понтом з верхньої частини корпусу. В воді М3 приводиться в рух і керується за допомогою двох повністю оборотних насосних струменів зі швидкістю до 14 км/год.



Рисунок 1 – Амфібійний міст та паромна система М3

Декілька платформ можуть бути об'єднані, для створення мосту через водну перешкоду, за допомогою довгих з'єднувачів. В такий спосіб вісім платформ М3 можуть перетнути водну перешкоду довжиною 100 метрів, час наведення такого мосту за сприятливих умов становить близько 10 хв, дозволяючи проходити транспортним засобам, включаючи найважчі бойові танки вагою понад 60 тон, такі як Leopard 2A6 і Challenger 2. Альтернативно, дві платформи можуть бути об'єднані для створення порома, який може перевозити подібне навантаження через набагато ширші водні перешкоди.

Паромно-мостова машина ЕФА/ЕФА (рис. 2).



Рисунок 2 – Поромно-мостова машина ЕФА/ЕФА

Це самохідний засіб для перетину річок, який сам є комбінованим понтонним мостом і амфібійним транспортним засобом, що дозволяє набагато швидше навести міст і використовувати його як паром. Особливістю його є надувні секції. При необхідності кілька ЕФА можуть бути об'єднані в послідовність для створення традиційного понтонного мосту.

Одиничний ЕФА у конфігурації порому має довжину 34,55 метра на площі завантаження  $96 \text{ м}^2$  та готовий до транспортування до 70 тон вантажу менше ніж за п'ять хвилин. Протягом однієї години він може виконати приблизно 10-12 переправ на відстань 100 метрів і вісім-десять переправ на відстань 200 метрів [2]. Два ЕФА, з'єднані разом на спеціальній споруді, дозволяють перевозити до 150 тон вантажу, а плаваючий міст з чотирма ЕФА, наприклад, надає можливість перетнути відстань 100 метрів менше ніж за 10 хвилин з очікуваною пропускною здатністю 200 транспортних засобів на годину.

Концепція мостів стрічок розроблялась починаючи з 1969 року, дослідно-розвідувальний командний центр американської армії з мобільної техніки (MERADCOM) дослідивши тогочасні наплавні системи прийняв радянський дизайн ПМП як основу для створення вдосконаленого плаваючого мосту (IFB), який пізніше отримав назву стандартного стрічкового мосту (SRB). IFB/SRB був класифікований за типом в 1972 році і вперше введений в експлуатацію в 1976 році. Він був дуже схожий на ПМП, але виготовлений зі легкого алюмінієвого сплаву замість важкої сталі. У 1977 році Західна Німеччина Bundeswehr вирішила прийняти SRB з деякими модифікаціями і покращеннями, і він ввійшов в експлуатацію в 1979 році під назвою Faltschwimmbücke або Складний плаваючий міст (FSB). Робота над проєктуванням вдосконаленої версії американського SRB, включаючи особливості німецького FSB, розпочалася в 1990-х роках, і перша поставка американської армії

вдосконалим стрічковим мостом (IRB) Improved Ribbon Bridge (рис. 3) відбулась на початку 2000-х років. Крім США та Німеччини, IFB/SRB/FSB/IRB був прийнятий на озброєння Збройних Сил Австралії, Бразилії, Канади, Нідерландів, Португалії, Південної Кореї і Швеції.



Рисунок 3 – Модернізований понтонний міст IRB (Improved Ribbon Bridge)

Удосконалений стрічковий міст (Improved Ribbon Bridge, IRB) – це сучасна система плаваючих мостів, розроблена компанією General Dynamics European Land Systems (GDELS), підрозділом General Dynamics. Вона призначена для надання наземним військам можливості перевозити важку військову техніку через водні перешкоди. Як рампові, так і внутрішні секції мають загальну довжину 6,92 м і загальну вагу 6 350 кг. Ширина секцій становить 8,63 м, а висота – 1,30 м при розкритті [3]. Рампова секція може долати висоти берега до 2 метрів. Модуль моста дозволяє перевозити вантажі до військової вантажопідйомності MLC 80 для гусеничних бойових машин і до MLC 96 для колісних бойових машин та важкого транспортного засобу.

IRB може бути запущений і вилучений за допомогою всіх стандартних вантажівок для транспортування стрічкових мостів (SRB) / FSB, загальної вантажопідйомності вантажівки для моста (CBT), а також за допомогою вантажівок з вантажопідйомністю 10 т / 15 т (PLS) через адаптер моста. Міст довжиною 100 метрів з 13 внутрішніми і двома рамповими секціями наводиться за 30 хвилин. До понтонних мостів стрічок які стоять на озброєнні країн НАТО також відносяться понтонний міст СРБ/СЕФА SRB (steel ribbon bridge) та моторизований понтонний міст ПФМ / PFM.

### Результати та обговорення

Збірно-розбірні мости мають більші терміни наведення і споруджуються з інвентарного майна пролітних будов та плаваючих опор (понтонів). Як приклад можна привести зведення наплавного мосту під час війни в Іраку для підтримки дій сил логістики на основних маршрутах підвозу з майна мосту Бейлі (рис. 4).



Рисунок 4 – Наплавний міст з майна мосту Бейлі та плашкоутів

У кінці вересня 2003 року, під час підтримки операції «Іракська свобода», через річку Тигр було наведено 350-метровий міст, найбільшого понтонного мосту від Mabe & Johnson, здатного перевозити військову техніку класу MLC 110. Очікуваний термін використання моста від 6 до 12 місяців. Зважаючи на складні місцеві умови міст був наведений за 2,5 місяця (рис. 5).



Рисунок 5 – Понтонний міст через р. Тигр під час Іракської війни

В переважній більшості для наведення понтонних логістичних мостів забезпечення у якості пролітних будов використовують майно мосту Бейлі та його модифікації, в якості плавучих опор (понтонів) може бути використані різні варіанти плавучих модулів, у тому числі з наявних місцевих засобів. Міст Бейлі має ряд переваг такі як: легкість встановлення, всі частини моста стандартизовані, виготовлені на заводі, взаємозамінні, немає необхідності у важких засобах механізації робіт, а збірка вимагає лише базового досвіду з інженерної справи;

міст високомобільний, всі частини моста можуть бути перевезені стандартними самоскидами (вантажівками) та на причепах; універсальність, стандартні частини моста можуть бути використані для зведення прольотів до 210 фт (64 м), зведення опорних конструкцій для більш довгих мостів. Частини мосту (соти) можуть бути використані для зведення стаціонарних мостів, пірсів, баштових конструкцій (опор). Інші нестандартні конструкції, такі як: наплавні мости, вантові мости, розвідні мости і мобільні мости можуть бути зведені за допомогою спеціальних частин та обладнання [4].

### Висновки

Провівши дослідження наявних у військових країн НАТО штатних наплавних засобів подолання водних перешкод можна зробити висновки:

1. Парк наплавних засобів подолання водних перешкод у країнах НАТО показує їх різноманітність, модульність та універсальність.
2. При необхідності швидкого подолання перешкод, наприклад, в наступальній операції військ, переправа може бути наведена протягом 10-30 хвилин.
3. Для забезпечення довготривалого логістичного забезпечення окремих напрямків – розроблені та відпрацьовані способи наведення наплавних мостів використовуючи стандартизовані універсальні мостові системи.
4. Наявність вищезазначених засобів дозволяє ефективно реагувати на кризові ситуації, швидко розгорнути війська та техніку у різних регіонах і забезпечувати необхідну мобільність.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Тактико-технічні характеристики амфібійного місту та паромної системи МЗ.
2. Тактико-технічні характеристики поромно-мостової машини ЕФА/ЕФА.
3. Тактико-технічні характеристики удосконаленого стрічкового місту (Improved Ribbon Bridge, IRB).
4. Тактико-технічні характеристики мосту Бейлі.

### CURRENT STATUS OF MILITARY FLOATING BRIDGES IN NATO COUNTRIES: ENSURING MOBILITY AND DEFENSIBILITY

I. OSTAPENKO<sup>1\*</sup>, M. HERNICH<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup>Department of military training of State special transport service specialists, Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail kvpsdsst.department@ust.edu.ua, ORCID 0000-0003-2232-7138

<sup>2</sup>Department of military training of State special transport service specialists, Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail gernich.nikolau@gmail.com, ORCID 0000-0002-5069-4798

**Abstract:** The report examines the NATO member countries' approach to establishing floating river crossings over water obstacles to facilitate the movement of heavy weaponry and military equipment, addressing the challenges of ensuring military mobility and defense effectiveness in the context of contemporary geopolitical demands. The authors analyze various types of such bridges, including amphibious bridges, ribbon bridges, and logistic support bridges, and underscore their significance for effectively responding to crisis situations and rapidly deploying troops. The research reveals that the inventory of floating assets in NATO countries impresses with its diversity

and modularity, enabling swift traversal of water obstacles and ensuring the required mobility for both troops and equipment. The conclusions emphasize the importance of developing and maintaining these assets for modern military operations and defense.

*Keywords:* military river crossings; amphibious bridges; ribbon bridges; logistic support

#### REFERENCES

1. Tactical and technical specifications of amphibious bridge and ferry system M3. (in Ukrainian)
2. Tactical and technical specifications of ferry-bridge vehicle EFA/EFA. (in Ukrainian)
3. Tactical and technical specifications of improved ribbon bridge (IRB). (in Ukrainian)
4. Tactical and technical specifications of Bailey bridge. (in Ukrainian)

УДК 625.143.5

### ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ РЕЙОК ЗАЛІЗНИЧНОЇ КОЛІЇ

А. В. РАДКЕВИЧ<sup>1\*</sup>, М. А. АРБУЗОВ<sup>2</sup>, О. В. ГУБАР<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup>Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта a.v.radkevich@ust.edu.ua, ORCID 0000-0001-6325-8517

<sup>2</sup>Каф. «Транспортна інфраструктура», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта 10max@ukr.net

<sup>3</sup>Каф. «Транспортна інфраструктура», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта neris@ua.fm, ORCID 0000-0001-8683-5372

**Анотація.** Основною метою дослідження є розвиток ресурсозберігаючих технологій експлуатації рейок залізничної колії. Визначена актуальність подовження строку служби рейок. Проаналізовано існуючі методи відновлення рейок залізничної колії. Проведено дослідження причин інтенсивного зношення рейок. Проаналізовано взаємозв'язок між параметрами колії та величиною зносу рейки. Проведено дослідження фізичних властивостей металу рейки. Вимірювалася твердість рейок. Вимірювалася зносостійкість рейок. Встановлено, що на зносостійкість впливає хімічний склад рейкової сталі. Встановлено, що колеса вагонів мають завищені значення твердості, що негативно відображається на рейках та стрілочних переводах. Розглянуто технологію шліфування рейок і технологію наплавлення рейок. Шліфування рейок знімає поверхневі мікрodefekти, і тоді не відбувається їх розвиток. Наплавлення рейок формує відновлений шар металу з високою зносостійкістю.

*Ключові слова:* дослідження; рейка; зношення; шліфування; наплавлення

#### Вступ та мета

Рейки залізничної колії є основним елементом її конструкції. Геометричні параметри рейкової колії визначають основні технічні характеристики, що впливають на допустимі швидкості руху поїздів [1]. Під час експлуатації рейок відбувається зношення металу, що негативно відображається на напружено-деформованому стані та дефектності. Дані технічні характеристики визначають строк служби рейок [2]. Так як вартість рейок щорічно зростає, то технології подовження строку служби є ресурсозберігаючими.

Сьогодні ціна за 1 м рейки типу Р65 коливається від 5000 до 8000 грн. Тоді на капітальний ремонт 1 км колії витрати лише на рейки складуть від 10 до 16 млн. грн., що в рази перевищує минулорічні цифри. Тому ресурсозберігаючі технології експлуатації рейок є актуальним питанням сьогоднішніх реалій.

В умовах важкого стану економіки та промисловості країни з метою підвищення її економічної стабільності та обороноздатності задача стабільного функціонування залізничного транспорту стає на перший план. Тому для подовження строку служби рейок необхідно розвивати технології їх відновлення різними методами.

### **Методика**

Технологія шліфування рейок як спосіб подовження строку їх служби на вітчизняних залізницях використовується дуже мало. На перший погляд дана технологія направлення на зменшення шару металу, бо він шліфується. Здається, що строк служби буде скорочуватися. Але як показує європейський досвід, шліфування рейок – це ефективний метод зменшення дефектності рейок. Вітчизняна технологія моніторингу полягає у регулярному спостереженні за внутрішніми дефектами рейок, і коли дефекти досягають критичних розмірів, рейка замінюється [3]. Значна частина дефектів розвивається безпосередньо на поверхні контакту колеса та рейки. Тому на перших етапах експлуатації рейок в поле зору дефектоскопії попадають саме поверхневі дефекти. Дефекти глибокого залягання або виявляються на ранніх етапах ще на заводі-виробнику, або на більш пізніх етапах експлуатації, коли проявляється таке явище як втома металу. Шліфування рейок знімає поверхневі мікрodefekти, і тоді не відбувається їх розвиток вглибину тіла рейки.

До того ж шліфування суміщається із такою технологією обробки рейки як профілювання. Вже не один десяток років ведуться дискусії про оптимальні профілі рейок та коліс. Історично змінювалася вага рейки, її жорсткість та форма голівки рейки. Сьогодні експлуатують і профілі вітчизняного зразку [4] і європейські профілі рейок [5]. Профілі коліс вагонів відрізняються від профілів коліс локомотивів. Існують ремонтні профілі коліс. Профілі рамних рейок, вістряків та хрестовин мають певні відмінності. І коли профілі коліс або рейок відхиляються від своїх нормативних обрисів, то неминуче це знаходить відображення на іншому учаснику взаємодіючої пари.

Проведено багато експлуатаційних спостережень, які інколи дають протилежні висновки про вплив профілю коліс та рейок на інтенсивність їх зношення. Проведені дані дослідження дають відповідь на раніше існуючі питання.

По-перше, твердість не являється вирішальною характеристикою у процесі зношення. Вирішальною є така фізична характеристика як зносостійкість, що залежить не лише від рівня твердості металу, а й від хімічного складу та структури.

По-друге, твердість коліс повинна бути на 10 % меншою за твердість рейок. Проведені заміри фактичних значень твердості колеса та рейки показують, що сьогодні твердість коліс перевищує норму твердості рейок на 20...30 %. Саме через це профіль рейок та елементів стрілочних переводів зазнають зазнає спотворення.

### **Результати та обговорення**

Як було встановлено даними дослідженнями проблема зношення рейок зазнає подвійного ефекту, коли починають взаємодіяти зношений профіль рейки та зношений

профіль колеса. У зношеного профіля колеса вантажного вагону утворюється гострий гребінь, що має кут нахилу площини контакту більше  $70^\circ$  замість необхідних  $60^\circ$ . Точка контакту такого гребня і бічної поверхні опускається нижче поверхні кочення на 25 мм. Це ефект при наявності кута набігання гребня колеса на рейку біля  $1^\circ$ , що в основному буває в кривих ділянках колії, в рази збільшує інтенсивність зношення рейки.

До того ж шліфування задає необхідну шорсткість поверхні кочення та бічної поверхні рейок, що також має вплив і на зношення рейок і на стійкість колеса проти вкочування на голівку рейки. Відомі факти, коли після неякісного обточування коліс, залишається висока шорсткість, і після цього проводиться поверхнєве загартування. В результаті порушення технологій такі колеса втратили здатність вписуватися в кривих ділянках колії – колеса почали вкочуватися на голівку рейки.

Тому профілювання рейки та коліс могло б забезпечити необхідне положення точки контакту гребня та рейки і тим самим продовжити строк служби рейок та безпеку руху поїздів.

Відновити профіль рейки можна не лише шляхом шліфування «зайвого» металу, а й шляхом наплавлення зношеної області металу. Відновлення (наплавлення) рейок здійснюється для рейко-шпальної решітки та стрілочних переводів приймально-відправних, інших, під'їзних колій та колій промислових підприємств.

На регіональних філіях АТ «Укрзалізниця» наплавлення рейок здійснюється двома методами.

1-й метод – автоматичний (напівавтоматичний) з використанням порошкового дроту. Використовується для наплавлення вістряків з рамними рейками та хрестовин. Рамна рейка наплавляється на протязі 3 м, з яких 2 м переднього вильоту, а вістряк наплавляється, починаючи з вістря на довжину до 2,5 м. Також був використаний даний метод для наплавлення двох хрестовин на ПЧ 7 ст. О. регіональної філії «Південна залізниця» та для наплавлення рамних рейок та вістряків на ст. В. регіональної філії «Придніпровська залізниця».

2-й метод – ручний з використанням електродів. Використовується в основному для наплавлення хрестовин. Також даний метод використовується для наплавлення хрестовин зварювальними приладами дистанцій колії.

Відновлення (наплавлення) елементів стрілочних переводів здійснюється за двома технологіями.

1-а технологія – наплавлення в стаціонарних умовах. Використовується для відновлення вістряків та рамних рейок, а рідше хрестовин.

2-а технологія – наплавлення в колії. Використовується для відновлення хрестовин, рідше рамних рейок та вістряків.

Результати проведених досліджень показали, що наплавлений шар має значно вищі показники зносостійкості [6], ніж основний метал. Тому технологія наплавлення рейок рекомендується до широкого використання як ресурсозберігаюча. Але після зношення наплавленого шару настає висока інтенсивність зношення через відкривання металу, що пройшов режим «відпуску» через наплавлення. Товщина пом'якшеного шару складає 3...6 мм. Тому доцільно наплавку проводити товщиною більше 6...8 мм, тобто для рейок, що вичерпали свій ресурс.

## Висновки

Таким чином, шліфування рейок з метою зменшення кількості поверхневих дефектів та формування правильного профілю а також технологія відновлення рейок методом наплавлення є ресурсозберігаючими технологіями, що подовжують строк служби рейок і повинні бути широко запровадженні на залізницях України.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України (ЦП-0269) / Е. І. Даніленко, А. М. Орловський, М. Б. Курган, В. О. Яковлев та інші. – К.: ТОВ «НВП Поліграфсервіс», 2012. – 456 с.
2. Даніленко Е. І. Залізнична колія. / Улаштування, проектування і розрахунки, взаємодія з рухомим складом / Підручник для вищих навчальних закладів (у 2-х томах). Київ, Інпрес, 2010. – Том 2. – 456 с.
3. Класифікація і каталог дефектів і пошкоджень рейок залізниць України. (ЦП-0285). Затв. Наказом Укрзалізниці від 27.02.2013 № 050-Ц/од/ М-во інфраструктури України, Держадміністрація залізничного транспорту України, Укрзалізниця. В. В. Рибкін [та ін.]. – К.: Інпрес, 2013. – 109 с.
4. Рейки звичайні для залізниць широкої колії: ДСТУ 4344:2004. – [Чинний від 2004–20–09]. – Київ: Держспоживстандарт України, 2005. – 28 с. – (Національний стандарт України)
5. ДСТУ EN 13674-1:2018 «Залізничний транспорт. Колія. Залізниця. Частина 1. Рейки залізничні широкопідшовені масою 46 кг/м і більше» (Переклад оригіналу документу українською мовою на 148 аркушах А4)
6. Зносостійкість виробів. Тертя, зношування, та змачення. Терміни та визначення. ДСТУ 2823-94. [Чинний від 1996–01–01]. – Київ: Держстандарт України, 1994. – 32 с.

## TECHNOLOGIES OF RESTORATION OF RAILWAY RAILS

A. V. RADKEVICH<sup>1\*</sup>, M. A. ARBUZOV<sup>2</sup>, O. V. GUBAR<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup>Dep. Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail a.v.radkevich@ust.edu.ua, ORCID 0000-0001-6325-8517

<sup>2</sup>Dep. «Transport Infrastructure», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail 10max@ukr.net

<sup>3</sup>Dep. «Transport Infrastructure», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail neris@ua.fm, ORCID 0000-0001-8683-5372

**Abstract:** The main goal of the research is the development of resource-saving technologies for the operation of railway tracks. The relevance of extending the service life of rails has been determined. The existing methods of restoring railway tracks are analyzed. A study of the causes of intensive wear of rails was conducted. The relationship between track parameters and rail wear was analyzed. A study of the physical properties of the metal was conducted. The hardness of the rails was measured. The wear resistance of the rails was measured. It was established that the chemical composition of the rail steel affects the wear resistance. It was established that the wheels of the wagons are very solid, which negatively affects the rails and turnouts. Rail grinding technology and rail surfacing technology are considered. Grinding rails removes surface microdefects, and then their development does not occur. Rail surfacing forms a restored layer of metal with high wear resistance.

*Keywords:* research; rail; wearing; grinding; surfacing

## REFERENCES

1. Instruktsiya z ulashtuvannya ta utrymannya koliyi zaliznyts' Ukrainy (TSP-0269) / E. I. Danilenko, A. M. Orlov's'kyi, M. B. Kurhan, V. O. Yakovlyev ta inshi. – K.: TOV «NVP Polihrafservis», 2012. – 456 s. (in Ukrainian)
2. Danilenko E. I. Zaliznychna koliya. / Ulashtuvannya, proektuvannya i rozrakhunky, vzayemodiya z rukhomymskladom / Pidruchnyk dlya vyshchykh navchal'nykh zakladiv (u 2-khtomakh). Kyiv, Inpres, 2010. – Tom 2. – 456 s. (in Ukrainian)
3. Klyasyfikatsiya i kataloh defektiv i poshkodzen' reyok zaliznyts' Ukrainy. (TSP-0285). Zatv. Nakazom Ukrzaliznytsi vid 27.02.2013 № 050-TS/od/ M-vo infrastruktury Ukrainy, Derzhadministratsiya zalaznychnoo transportu Ukrainy, Ukrzaliznytsya. V. V. Rybkin [ta in.]. – K.: Inpres, 2013. – 109 s. (in Ukrainian)
4. Reyky zvychai dlya zaliznyts' shyrokokoyi koliyi: DSTU 4344:2004. – [Chynnyy vid 2004–20–09]. – Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2005. – 28 s. – (Natsional'nyy standart Ukrainy) (in Ukrainian)
5. DSTU EN 13674-1:2018 «Zaliznychnyy transport. Koliya. Zaliznytsya. Chastyna 1. Reyky zaliznychni shyrokopidoshveni masoyu 46 k·h/m i bil'she» (Pereklad oryhinalu dokumentu ukrayins'koyu movoyu na 148 arkushakh A4) (in Ukrainian)
6. Znosostykykist' vyrobiv. Tertya, znoshuvannya, ta zmashchennya. Terminy ta vyznachennya. DSTU 2823-94. [Chynnyy vid 1996–01–01]. – Kyiv: Derzhstandart Ukrainy, 1994. – 32 s. (in Ukrainian)

УДК 624.21.09:[625.1:539.3]

### ВІДНОВЛЕННЯ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ДЛЯ ПОЛІПШЕННЯ ЛОГІСТИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

А. В. РАДКЕВИЧ<sup>1</sup>, М. Б. КУРГАН<sup>2\*</sup>, Д. М. КУРГАН<sup>3</sup>

<sup>1</sup>\*Каф. «Будівельне виробництво та геодезія», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта a.v.radkevich@ust.edu.ua, ORCID 0000-0001-6325-8517

<sup>2</sup>\*Каф. «Транспортна інфраструктура», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта m.b.kurhan@ust.edu.ua, ORCID 0000-0002-8182-7709

<sup>3</sup>Каф. «Транспортна інфраструктура», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта d.m.kurhan@ust.edu.ua, ORCID 0000-0002-9448-5269

**Анотація.** Метою дослідження є поліпшення логістичних перевезень на обраному маршруті з розробкою заходів з відновлення колійної інфраструктури, що передбачає визначення обсягів робіт, потрібних матеріалів та засобів, необхідних для усунення зруйнованого земляного полотна і верхньої будови колії. Розв'язання поставленого завдання досягнуто за рахунок покращення існуючої системи організації перевезень вантажів на напрямку Конотоп-Терещенська. В роботі використані рекомендації Міжнародних конференцій з логістики і транспортної безпеки, що містять основні принципи організації робіт з відновлення земляного полотна, штучних споруд та верхньої будови залізничної колії. Запропоновано комплекс заходів з відновлення інфраструктури на прикладі перегону

Кролевець-Брюловецький для відновлення руху поїздів і забезпечення заданої провізної спроможності.

*Ключові слова:* колійна інфраструктура; логістика перевезень; залізнична колія; земляне полотно; провізна спроможність

### **Вступ та мета дослідження**

Перевезення вантажів під час воєнного стану є складним завданням через низьку пропускну спроможність на напрямках з пошкодженою інфраструктурою. Зруйновані залізничні колії стали перешкодою для ефективної роботи залізниць і впливають на різні аспекти логістичного процесу, створюють ризики для безпеки персоналу і пасажирів, призводять до затримок при перевезенні вантажів, що впливає на зв'язок між часом доставки та плануванням логістичних операцій. Ремонт та обслуговування зруйнованих колій вимагає додаткових витрат, потребує додаткових заходів забезпечення безпеки в логістичних операціях. Отже, стан залізничної інфраструктури може впливати на ефективність та витрати логістичних операцій, які використовує залізничний транспорт України.

Для позитивних змін цієї ситуації між Україною і Євросоюзом був укладений документ про «Взаєморозуміння високого рівня про поширення індикативних карт Європейської транспортної мережі TEN-T на Україну» [1].

Метою роботи є відновлення колійної інфраструктури, пов'язаної з руйнуванням земляного полотна і верхньої будови колії на прикладі перегону Кролевець-Брюловецький регіональної філії «Південно-Західна залізниця» з наступною реконструкцією ділянки. Новизною в роботі є дослідження технічного стану інфраструктури й розробка заходів з реконструкції пов'язаних з українськими логістичними шляхами.

### **Методика дослідження**

У роботі використовувались статистичний аналіз і результати обслідування для визначення технічного стану й параметрів траси ділянки залізниці та рекомендації наукових досліджень за зазначеною темою. На основі порівняння декількох варіантів визначався більш раціональний. Дані для порівняння були отримані за результатами тягових розрахунків за програмою MoveRW, розробленою на кафедрі «Транспортна інфраструктура» УДУНТ.

Основною науковою працею з відновлення залізничної інфраструктури слід вважати план післявоєнної відбудови України [2]. Питання відновлення інфраструктури залізниць розглядаються на щорічних міжнародних конференціях. Так, метою Міжнародної мультидисциплінарної науково-практичної інтернет-конференції [3] був аналіз сучасних підходів з удосконалення транспортно-логістичної інфраструктури та визначення найбільш ефективних напрямків їх застосування для відновлення, модернізації та подальшого комплексного розвитку української логістичної системи, створення стратегії якісного відновлення залізничної колії, та наближення її до стану на початку життєвого циклу. В матеріалах Всеукраїнської наукової конференції [4] викладено результати досліджень з яких випливає, що значну роль в процесі відновлення відіграють сучасні технології, проривні і новаторські технічні рішення, конструкторські розробки, наукові відкриття, інженерні інновації. Результати досліджень з підвищення ефективності роботи залізниці при спеціалізації напрямків вантажних і пасажирських перевезень викладені, наприклад, в науковій праці [5]. Питання відновлення залізничної інфраструктури розглядаються і в

роботах закордонних фахівців, але їхні дослідження стосуються залізничних ліній пошкоджених стихійним лихом. Виходячи з результатів вищенаведеного аналізу, була визначена мета роботи і напрямки наступних досліджень.

Об'єктом цього дослідження є двоколійна ділянка Брюловецький-Кролевець довжиною 11,7 км. Залізнична колія безстикова, укладені рейки типу Р65, шпали залізобетонні 1840 шт./км, баласт – щебеневий. Після обстрілів зі сторони РФ ділянка Кролевець-Брюловецький зруйнована (верхня будова колії й земляне полотно) і рух поїздів припинився.

### Результати та обговорення

**Відновлення зруйнованої залізничної ділянки.** Способи виконання земляних робіт вибиралися з урахуванням обсягів земляних робіт на ділянці, робочих відміток земляного полотна, дальності перевезення ґрунту, технічних характеристик машин, виду ґрунтів тощо.

Наприклад, на третій ділянці об'єм земляних робіт складає 131,3 тис. м<sup>3</sup>, висота насипів до 4,6 м. Прийнято екскаваторний комплект з транспортуванням ґрунту автосамоскидами із кар'єра на відстань 3,0 км. Продуктивність екскаватора ЕО-5122  $P_{ек} = 980 \text{ м}^3 / \text{зм}$ . Необхідна

кількість машино-змін визначається як  $N_{м-зм} = \frac{Q}{P_{ек} T_{зм}} = \frac{131290}{980} = 134,0 \text{ маш-зм}$ .

Приймаємо, що машини працюють у дві зміни ( $n_{зм} = 2$ ), а період виконання робіт з відновлення ділянки залізниці  $T_{роб} = 16 \text{ днів}$ . Тоді необхідну кількість екскаваторних

комплектів можна знайти за формулою  $N_{екск} = \frac{N_{м-зм}}{n_{зм} T_{роб}} = \frac{134,0}{2 \cdot 16} = 4,1 \approx 4 \text{ екск}$ .

Укладання рейко-шпальної решітки виконується по осі існуючої траси тракторним колієюкладачем ПБ-3М. Забезпечення ланками і їхньої підвезення здійснюється з бази Терещенської дистанції колії регіональної філії «Південно-Західна залізниця». Для виправлення колії використовуються виправно-підбивальні машини, такі як ВПО-3000, ВІР-1200, УКМ-1-6. При темпі робіт 1 км за зміну (10 годин) відновлення перегону Брюловецький – Кролевець довжиною 11,7 буде завершено за 12 діб при плановому терміні 15 діб.

Подальші розрахунки були виконані для різного ступеня відновлення ділянки залізниці. Розглянуто п'ять варіантів: варіант 1 – ТЕ10,  $Q=1500 \text{ т}$ ,  $V_{обм} = 15 \text{ км/год}$ ; варіант 2 – ТЕ10,  $Q=1500 \text{ т}$ ,  $V_{обм} = 30 \text{ км/год}$ ; варіант 3 – ТЕ10,  $Q=1500 \text{ т}$ ,  $V_{обм} = 45 \text{ км/год}$ ; варіант 4 – ТЕ10,  $Q=1500 \text{ т}$ ,  $V_{обм} = 60 \text{ км/год}$ ; варіант 5 – 2ТЕ10,  $Q=4000 \text{ т}$ ,  $V_{обм} = 60 \text{ км/год}$ .

Обсяг перевезень після відновлення залізниці встановлений на рівні  $G = 20 \text{ млн т / рік}$ . Тоді потрібна кількість рейсів вантажних поїздів визначається як

$$n_{вант} = \frac{G \cdot \gamma \cdot 10^6}{365 \cdot Q_{вр} \cdot \eta \cdot \mu} \quad (1)$$

Результати, отримані за формулою (1) при  $\eta=0,74$  – коефіцієнт, що враховує тару вагонів;  $\mu=0,85$  – коефіцієнт, що враховує структуру вантажопотоку наведені на рис. 1 і 2.

Після початку військових дій і обстрілів зі сторони РФ на напрямку Конотоп-Терещенська була зруйнована колійна інфраструктура і рух поїздів припинився. Відповідно до завдання розроблені заходи з відновлення земляного полотна і верхньої будови колії на

перегоні Кролевець-Брюловецький, що дозволило відновити рух поїздів і забезпечити задану провізну спроможність.

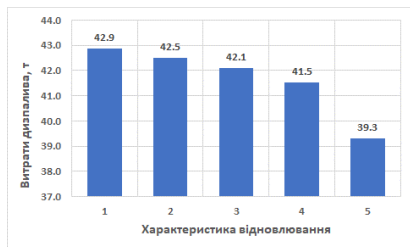


Рисунок 1 – Витрати дизельного палива по варіантам за рік

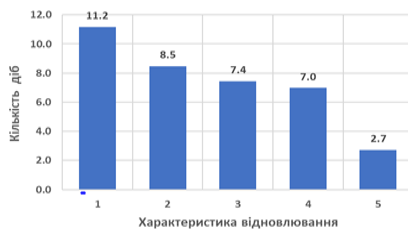


Рисунок 2 – Сумарний термін на перевезення запланованого обсягу

Оскільки короткострокове відновлення споруд не забезпечує експлуатацію залізниці протягом тривалого терміну та не забезпечує рух поїздів з максимально допустимими швидкостями, в роботі запропоновано етап тимчасового відновлення ділянки залізниці.

### Висновки

Розглянуто п'ять можливих варіантів для різного ступеня відновлення ділянки залізниці. Капітальне відновлення в умовах війни може виконуватися, якщо воно укладається у визначені терміни та для його виконання є необхідні сили, техніка й матеріали. У варіанті капітального відновлення менші відносно короткотермінованого відновлення витрати дизельного палива на 8% для перевезення запланованого обсягу вантажів, і в 4 рази скорочується термін доставки вантажів.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Комісія вносить поправки до пропозиції TEN-T, щоб відобразити вплив на інфраструктуру агресивної війни Росії проти України. Режим доступу: [https://transport.ec.europa.eu/news/commission-amends-ten-t-proposal-reflect-impacts-infrastructure-russias-war-aggression-against-2022-07-27\\_en](https://transport.ec.europa.eu/news/commission-amends-ten-t-proposal-reflect-impacts-infrastructure-russias-war-aggression-against-2022-07-27_en)
2. Національна рада з відновлення України від наслідків війни. Проект Плану відновлення України. Матеріали робочої групи «Відновлення та розбудова інфраструктури» Липень 2022. – 178 с. <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/recoveryrada/ua/restoration-and-development-of-infrastructure.pdf>
3. Матеріали Міжнародної мультидисциплінарної науково-практичної інтернет-конференції молодих дослідників, здобувачів вищої освіти та науковців «Сучасна наука: інновації та перспективи» 6-7 квітня 2023 р., м. Київ. – 452 с.
4. Логістика і транспортна безпека: проблеми та перспективи розвитку в контексті аналізу сучасних викликів, загроз; збірник наукових праць за матеріалами Всеукраїнської наукової конференції, 28 жовтня 2022 р., – УДУНТ, Дніпро. – 179 с.
5. Kurhan M., Kurhan D., Husak M., Hmelevska N. Increasing the Efficiency of the Railway Operation in the Specialization of Directions for Freight and Passenger Transportation // Acta Polytechnica Hungarica Vol. 19(3), 2022, pp.231-244. doi: 10.12700/APH.19.3.2022.3.18.

## RESTORATION OF THE RAILWAY INFRASTRUCTURE TO IMPROVE LOGISTICS TRANSPORTATION

A. V. RADKEYVYCH<sup>1</sup>, M. B. KURHAN<sup>2\*</sup>, D. M. KURHAN<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup>Dep. «Construction Operation and Geodesy», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail a.v.radkevich@ust.edu.ua, ORCID 0000-0001-6325-8517

<sup>2\*</sup>Dep. «Transport Infrastructure», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail m.b.kurhan@ust.edu.ua, ORCID 0000-0002-8182-7709

<sup>3</sup>Dep. «Transport Infrastructure», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail d.m.kurhan@ust.edu.ua, ORCID 0000-0002-9448-5269

**Abstract:** The main purpose of the study is for the authors to develop measures for the restoration of the track. This involves determining the scope of work, the necessary materials, and the means required to repair the damaged ground surface and the track superstructure. The solution to this task was achieved by improving the existing system for organizing cargo transportation on the Konotop-Tereshchensk route. The work incorporates recommendations from the International Conferences on Logistics and Transport Safety, which outline the fundamental principles for organizing the restoration of the ground surface, artificial structures, and the track superstructure. The authors propose a set of measures to restore the infrastructure on the Krolevets-Bryulovetsky track in order to reinstate train traffic and ensure the specified transport capacity.

*Keywords:* railway infrastructure; transport logistics; railway track; subgrade; carrying capacity

### REFERENCES

1. The Commission amends the TEN-T proposal to reflect the impact on infrastructure of Russia's aggressive war against Ukraine. Access mode: [https://transport.ec.europa.eu/news/commission-amends-ten-t-proposal-reflect-impacts-infrastructure-russias-war-aggression-against-2022-07-27\\_en](https://transport.ec.europa.eu/news/commission-amends-ten-t-proposal-reflect-impacts-infrastructure-russias-war-aggression-against-2022-07-27_en) (in Ukrainian)
2. The National Council for the Recovery of Ukraine from the Consequences of the War. Project of the Recovery Plan of Ukraine. Materials of the working group «Restoration and development of infrastructure» (July 2022). <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/recoveryrada/ua/restoration-and-development-of-infrastructure.pdf> (in Ukrainian)
3. Materials of the International Multidisciplinary Scientific and Practical Internet Conference of Young Researchers, Higher Education Graduates and Scientists «Modern Science: Innovations and Prospects» (April 6-7, 2023). Kyiv (in Ukrainian)
4. Logistics and transport safety: problems and development prospects in the context of analysis of modern challenges and threats; a collection of scientific works based on the materials of the All-Ukrainian Scientific Conference (October 28, 2022). – UDUNT, Dnipro (in Ukrainian)
5. Kurhan M., Kurhan D., Husak M., Hmelevska N. (2022) Increasing the Efficiency of the Railway Operation in the Specialization of Directions for Freight and Passenger Transportation // Acta Polytechnica Hungarica Vol. 19(3). doi: 10.12700/APH.19.3.2022.3.18 (in English).

УДК 625.7:624.074.

## УЗАГАЛЬНЕННЯ ДОСВІДУ ОРГАНІЗАЦІЇ ВИКОНАННЯ РОБІТ З МОНТАЖУ ПРОГОНОВИХ БУДОВ ТИМЧАСОВИХ МОСТІВ

С. В. ТАБАЛА<sup>1\*</sup>, М. В. ГЕРНИЧ<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup>Адміністрація Державної спеціальної служби транспорту, вул. Якова Гніздовського, 5, Київ, Україна, 02094, ел. пошта vpg5t0100@dsst.gov.ua, ORCID 0009-0001-2949-4089

<sup>2</sup>Каф. «Військової підготовки спеціалістів Держспецтрансслужби», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта gernich.nikolau@gmail.com, ORCID 0000-0002-5069-4798

**Анотація.** Одним із способів відновлення руху транспорту на ділянках доріг із зруйнованими транспортними спорудами є будівництво мостового переходу на ближньому обході із тимчасовим мостом. Підрозділи Державної спеціальної служби транспорту використовують конструкцію тимчасового мосту яка багаторазово апробована та може вважатися типовою. В залежності від конкретних місцевих умов, кваліфікації виконавців робіт, наявних конструкцій, машин, механізмів, будівельної та спеціальної техніки напрацьований досвід організації виконання робіт з монтажу прогонових будов. Основною метою дослідження є вивчення досвіду та аналіз впливу різних чинників на організацію робіт з монтажу однотипних прогонових будов в прогін. Також важливим є узагальнення досвіду набутого при застосуванні підрозділів та впровадження його в майбутньому.

**Ключові слова:** транспортні споруди; відновлення; низьководні мости; монтаж; прогонові будови

### Вступ та мета

Виконання робіт з монтажу прогонових будов в прогін є одним з етапів будівництва тимчасових мостів призначених для відновлення руху транспорту через природні або штучні перешкоди перерваного в наслідок пошкодження (руйнування) транспортних споруд. Спосіб виконання робіт залежить від конкретних місцевих умов, кваліфікації виконавців робіт, наявних конструкцій, машин, механізмів, будівельної та спеціальної техніки. Питання які розглянуті в даній роботі останнім часом не піднімалися і є результатом вивчення досвіду застосування підрозділів Державної спеціальної служби транспорту при відновленні об'єктів транспортної інфраструктури які зазнали руйнувань внаслідок війни.

### Методика

Підрозділи Державної спеціальної служби транспорту виконують завдання з відновлення руху транспорту на ділянках доріг із пошкодженими (зруйнованими) транспортними спорудами. В переважній більшості це будівництво на ближньому обході мостових переходів із тимчасовим мостом. Такий спосіб дозволяє швидко відновити рух транспорту через штучну або природну перешкоду, при цьому не заважає капітальному відновленню зруйнованих споруд, а в окремих випадках використовується для забезпечення будівельного майданчика при капітальному відновленні.

В якості конструкції тимчасових мостів обрані низьководні мости на дерев'яних палевих опорах. Прийняту конструкцію тимчасових мостів можна вважати типовою, в переважній більшості змінюється лише кількість прольотів мосту (рис.1).

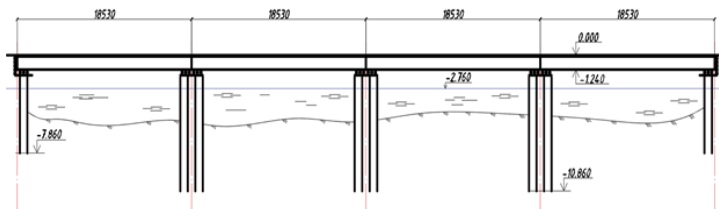


Рисунок 1 – Типова конструкція низьководного тимчасового мосту на ближньому обході

Прогонові будови приймаються з зварних широкополочних двотаврових балок  $L_p=18,53$  м із сталі 15ХСНД [1], які є на довготривалому зберіганні, з мостовим полотном на дерев'яних поперечинах (рис.2). Кількість прольотів визначається для кожного мосту виходячи з місцевих умов.

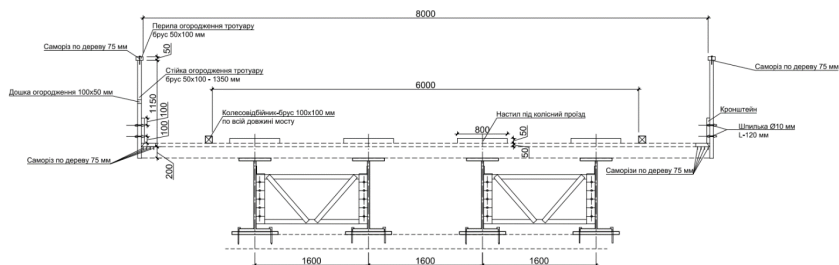


Рисунок 2 – Поперечний переріз типової прогонової будови виготовленої з зварних широкополочних двотаврових балок  $L_p=18,53$  м

Така конструкція тимчасового мосту на ближньому обході є надійною, забезпечує високі темпи відновлення руху транспорту, економічно вигідна, так як використовується наявний матеріальний ресурс балок мобілізаційного резерву. Особливий склад підрозділів які залучаються до будівництва підготовлений та постійно підвищую свою майстерність. В такий спосіб було відновлено рух на десятках доріг, на окремих об'єктах роботи тривають і зараз.

### Результати та обговорення

Оскільки конструкція тимчасового мосту є типовою, цікавим буде розглянути досвід монтажу прогонових будов в прогін в залежності від місцевих умов, наявних сил та засобів.

Проаналізувавши досвід виконання робіт можна виділити три основні способи монтажу прогонових будов в прогін, які були успішно застосовані:

1. Встановлення прогонової будови з мостовим полотном в прогін за допомогою двох стрілових кранів.
2. Встановлення прогонової будови в прогін з використанням плашкоутів.
3. Встановлення в прогін головних балок прогонових будов з подальшим навісним монтажем з'єднувальних елементів та мостового полотна.

Як приклад першого способу можна вказати будівництво тимчасового автомобільного мосту. Умови будівельного майданчика були достатньо сприятливі та дозволяли в повному обсязі використати наявні будівельні машини. Прогонові будови збиралися на майданчику та тралом доставлялися на об'єкт будівництва. На підходах до мосту на прогонові будови за допомогою лапчастого болта кріпили дерев'яні попереччини 200×240 мм довжиною 3,2 м та 4 м. Прогонову будову для встановлення в прогін спочатку насували з берега штовхаючи екскаватором HYUNDAI Rodex на плашкоут. Потім прогонову будову виводили на плашкоутах паралельно місцю встановлення і піднімали в прогін за допомогою двох стрілових кранів КС-4561 та КСГ «PALFINGER» (рис. 3-4).



Рисунок 3 – Повздовжнє насування прогонової будови екскаватором (а, б)



Рисунок 4 – Встановлення прогонової будови в прогін (а, б)

Приклад другого способу – будівництво тимчасового мосту. Особливістю цього об'єкту була наявність лише одного стрілового крану необхідної вантажопідйомності, але зважаючи на місцеві умови, достатній рівень води в руслі, було вдало виконано монтаж. Прогонові будови для встановлення в прогін спочатку насували з берега, бульдозером ДЗ-27С на плашкоут, який був заздалегідь підтоплений. На плашкоуті встановлювались дерев'яні бруси – підкладки, на які насувалась прогонова споруда. Потім з плашкоута відкачували воду, він піднімався та прогонову будову виводили паралельно місцю встановлення (рис. 5). Далі плашкоут знов підтоплювався та прогонова споруда спиралась на опори, плашкоут виводили з-під неї. Далі на прогонові споруди влаштовувалось мостове полотно.



Рисунок 5 – Встановлення прогонової будови за допомогою плашкоуту

Прикладом третього способу монтажу є будівництво тимчасового мосту. Особливістю цього об'єкту була дуже обмежена зона для виконання робіт, слабкі ґрунти та близькість зруйнованого мосту не дозволяли в повній мірі використати спроможності техніки, зокрема стрілових кранів. З бази зберігання на об'єкт будівництва зварні широкополочні двотаврові балки  $L_p=18,53$  м доставлялися тралом 3-ПТ-20, розвантажували одним стріловим краном SANY SPC 320. На підходах до мосту на балки кріпили болтами з'єднувальні кутики, вантажили на автомобіль КаМаз з причепом та підвозили паралельно прогону для встановлення в прогін (рис. 6).



Рисунок 6 – Підготовка балки для встановлення в прогін

За допомогою двох стрілових кранів SANY SPC 320 балки прогонових будов встановлювались на надбудови опор в прогін. Монтаж здійснювався у дуже обмежених для маневру умовах, що вимагало від крановиків високої майстерності та синхронності дій (рис. 7).



Рисунок 7 – Встановлення балок прогонових будов в прогін

Після встановлення двотаврових балок в прогін їх об'єднували повздовжніми та поперечними в'язями за допомогою болтів з гайками. Між балками улаштували риштування на яких перебував особовий склад.

### Висновки

Таким чином, розглянуті способи виконання робіт при будівництві однотипних конструкцій в залежності від місцевих особливостей об'єкта та наявних технічних засобів. Висвітлені ефективні передові рішення, які мають перспективу подальшого використання та розвитку. Особливо увагу необхідно приділяти постійним наполегливим дослідженням, обгрунтовувати, перевіряти на практиці все нове, що передбачається ввести в дію в перспективі.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Типовий проект сортаменту зварних широкополочних двотаврових балок із сталі 15ХСНД та прогонових будов із них для тимчасових залізничних мостів під навантаження Н-6.
2. Тактико-технічні характеристики стрілових кранів.

### SUMMARY OF THE ORGANIZATION OF WORK EXECUTION FOR THE ASSEMBLY OF TEMPORARY BRIDGES

S. TABALA<sup>1\*</sup>, M. HERNICH<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup>Administration of the State Special Transport Service, 5 Yakova Hnizdovskoho St., Kyiv, Ukraine, 02094, e-mail vpg5t0100@dsst.gov.ua, ORCID 0009-0001-2949-4089

<sup>2</sup>Department of military training of State special transport service specialists, Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail gernich.nikolau@gmail.com, ORCID 0000-0002-5069-4798

**Abstract:** One of the methods for restoring traffic flow on road sections with damaged transportation structures is the construction of a bridge crossing on a nearby detour with a temporary bridge. Units of the State Special Transport Service utilize a temporary bridge design that has been

tested multiple times and can be considered standard. Depending on specific local conditions, the qualifications of the work's performers, existing structures, machinery, equipment, construction, and special vehicles, extensive experience in organizing the installation of bridge girders has been accumulated. The main objective of this research is to study the experience and analyze the impact of various factors on the organization of work related to the installation of identical bridge girders in the span. Additionally, it is important to consolidate the knowledge gained from the use of these units and implement it in the future.

*Keywords:* transport structures; restoration; low-water bridges; assembly; bridge girders

#### REFERENCES

1. Typical Design of Assortment for Welded Wide-Flange I-Beams Made of 15XNCD Steel and Girders Derived from Them for Temporary Railway Bridges under Load Class H-6. (in Ukrainian)
2. Tactical and Technical Characteristics of Jib Cranes. (in Ukrainian)

УДК 624.191:624.139.62-026.656

### УКРАЇНСЬКИЙ ДОСВІД ВІДНОВЛЕННЯ МОСТОВИХ ПЕРЕХОДІВ НА АВТОШЛЯХАХ ТА ЗАЛІЗНИЦЯХ В УМОВАХ ВОЄННОГО ЧАСУ

О. Л. ТЮТЬКІН<sup>1\*</sup>, Ю. М. ГОРБАТЮК<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup> Каф. «Транспортна інфраструктура», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта o.l.tiutkin@ust.edu.ua, ORCID 0000-0003-4921-4758

<sup>2</sup> Каф. «Військової підготовки спеціалістів Держспецтрансслужби», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта y.m.horbatiuk@ust.edu.ua, ORCID 0000-0001-8949-864X

**Анотація.** Відновлення зруйнованих транспортних об'єктів є головним елементом технічного прикриття в оборонній операції оперативного угруповання військ (сил), в ході ведення стабілізаційних дій військ (сил), у контрнаступальній операції оперативного угруповання військ (сил) та являється основним видом діяльності Держспецтрансслужби. Транспортні об'єкти відновлюються, як правило, у два етапи. На першому етапі відновлюється мінімум елементів, який дозволяє відкриття наскрізного руху транспорту та здатність об'єкту до мінімального функціонування за призначенням. На другому етапі будівлі та споруди відновлюються до стану, що забезпечує необхідну пропускну спроможність та функціонування транспортного об'єкту за призначенням в повному обсязі.

*Ключові слова:* міст; мостовий перехід; руйнування; відновлення

#### Вступ та мета

Відновлення зруйнованих транспортних об'єктів є головним елементом технічного прикриття в оборонній операції оперативного угруповання військ (сил), в ході ведення стабілізаційних дій військ (сил), у контрнаступальній операції оперативного угруповання військ (сил) та являється основним видом діяльності Держспецтрансслужби.

В першому пів річчі 2023 року підрозділами Держспецтрансслужби забезпечено відновлення 46 об'єктів транспортного сполучення на визначених напрямках, при цьому відновлено 43 автомобільних та 3 залізничні мостів, з них:

- 1) 17 – низьководні тимчасові автомобільні з використання інвентарного майна ПБ18,53 м (з балок МА), на новій вісі;
- 2) 3 – автомобільні зі збірного залізобетону, шляхом влаштування водопропускних труб;
- 3) 13 – автомобільні залізобетонні по старій вісі, шляхом капітального відновлення конструкцій мосту;
- 4) 2 – автомобільні по старій осі, короткотермінове відновлення шляхом засипання ґрунтом;
- 5) 2 – автомобільні по старій осі з використанням інвентарного майна (балки МА та опори ІММ-60);
- 6) 1 – автомобільний міст по старій осі з використанням інвентарного майна (балки МА та опори ІММ-60).

Проведені:

- 1 – тимчасове відновлення залізничного мосту;
- 2 – капітальне відновлення залізничного мосту;
- 1 – демонтаж мостового переходу з майна БАРМ.

Наведено:

- 3 – понтонні мостові переправи з майна НЗМ-56;
- 1 – понтонна мостова переправа з майна МЛЖ рф.

Продовжується (розпочато) виконання завдань на 8-х об'єктах транспортних комунікацій.

### Методика

Транспортні об'єкти відновлюються, як правило, у два етапи. На першому етапі відновлюється мінімум елементів, який дозволяє відкриття наскрізного руху транспорту та здатність об'єкту до мінімального функціонування за призначенням. На другому етапі будівлі та споруди відновлюються до стану, що забезпечує необхідну пропускну спроможність та функціонування транспортного об'єкту за призначенням в повному обсязі.

При відновленні зруйнованих транспортних об'єктів при технічному прикритті застосовуються наступні види відновлення:

– короткотермінове відновлення – роботи виконуються за нормами короткотермінового відновлення (на першому етапі) з наступною заміною на відновлення за тимчасовими нормами (на другому етапі);

– тимчасове відновлення – роботи виконуються за нормами тимчасового відновлення.

Відновлення штучних споруд може здійснюватися шляхом:

- будівництва тимчасових та короткотермінових мостів на ближніх обходах з використанням інвентарного мостового майна на підставі типових проектних рішень;
- відновлення мостів на старій вісі з розчисткою русла від обрушених конструкцій;
- наведення наплавних мостів;
- влаштування поромних переправ.

### Результати та обговорення

Скорочення термінів відновлення штучних споруд досягається: вибором раціональних способів відновлення та конструктивних рішень, широким застосуванням інвентарного мостового майна та типових конструкцій збірно-розбірних мостів, використанням типових проектних рішень та якісною розробкою проектної документації, своєчасним та якісним виконанням геодезичних робіт, чіткою організацією підвезення матеріальних ресурсів з баз збереження та місць заготівлі, організацією робіт на широкому фронті з максимальною механізацією технологічних процесів [1-3].

На рис. 1-3 наведені найвизначні приклади відновлення мостових переходів різних довжин та систем.

а)



б)



Рисунок 1 – Відновлення автомобільного мостового переходу через р. Ірпінь у с. Стоянка автомобільної дороги державного значення М-06 Київ-Чоп:

а) зруйнований міст; б) відновлений міст

а)



б)



Рисунок 2 – Відновлення автомобільного мостового переходу через р. Ірпінь у смт. Гостомель автомобільної дороги державного значення М-07 Київ-Ковель-Ягодин: а) зруйнований міст; б) відновлений міст

а)



б)



Рисунок 3 – Відновлення залізничного мостового переходу  
лінія Київ-Тетерів, перегін Біличі – Ірпінь:  
а) зруйнований міст; б) відновлений міст

При виборі місця розташування мосту на ближньому обході слід дотримуватись наступних умов:

- вісь тимчасового /короткотермінового/ мосту повинна знаходитись поза зоною обрушення конструкцій капітального мосту;
- віддалення вісі мосту, що будується, від вісі зруйнованого мосту повинно бути мінімальним, для скорочення об'ємів робіт із спорудження підходів;
- при спорудженні тимчасового /короткотермінового/ мостового переходу на обході необхідно максимально використовувати елементи капітального мосту, які збереглися.

### Висновки

Тимчасове відновлення є основним видом відновлення штучних споруд. При неможливості тимчасового відновлення штучної споруди у встановлені терміни міст відновлюється за короткотерміновим варіантом з подальшою заміною на тимчасову споруду.

Враховуючи наявні металеві інвентарні мостові конструкції, а саме прогонові будови 18,53м. з балок МА та опори комплектів УЖВ ЛТМП (ІМІ) особовим складом управління будівництва та відновлення Адміністрації Держспецтрансслужби, на підставі Альбомів типових проєктів для даних мостових конструкцій, були відпрацьовані проєктні рішення будівництва одно та більш прогонових мостів під одно або дві смуги руху.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.1.2-15:2009 Споруди транспорту. Мости та труби. Навантаження і впливи [Чинний від 2009–11–11]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 83 с.
2. Гернич М. В., Ключник С. В., Співак Д. С. Сталезалізобетонні прогонові будови мостів для постконфліктного відновлення зруйнованої транспортної інфраструктури. Мости та тунелі : теорія, дослідження, практика, 2021. – № 19. – С. 28–37.
3. Радкевич А. В. Відновлення штучних будов [Текст] : навчальний посібник / А. В. Радкевич, М. О. Лісняк, Ю. М. Горбатюк, П. А. Лихоп'юк / Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпро, 2018. – 406 с.

### UKRAINIAN EXPERIENCE OF RESTORING BRIDGE CROSSINGS ON ROADS AND RAILWAYS IN WARTIME CONDITIONS

O. L. TIUTKIN<sup>1\*</sup>, Yu. M. HORBATIUK<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup>Dep. «Transport Infrastructure», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail o.l.tiutkin@ust.edu.ua, ORCID 0000-0003-4921-4758

<sup>2</sup>Department of military training of State special transport service specialists, Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail y.m.horbatiuk@ust.edu.ua, ORCID 0000-0001-8949-864X

**Abstract:** The restoration of destroyed transport facilities is the main element of technical cover in the defensive operation of the operational group of troops (forces), during the stabilization actions of the troops (forces), in the counteroffensive operation of the operational group of troops (forces) and is the main activity of the State Special Transport Service. Transport objects are restored, as a rule, in two stages. At the first stage, a minimum of elements is restored, which allows the opening of through traffic and the facility's ability to function as intended. At the second stage, buildings and structures are restored to a state that ensures the necessary capacity and functioning of the transport facility as intended in full.

*Keywords:* bridge; bridge crossing; destruction; restoration

### REFERENCES

1. DBN V.1.2-15:2009 Sporudy transportu. Mosty ta truby. Navantazhennia i vplyvy [Chynnyi vid 2009–11–11]. Kyiv : Minrehionbud Ukrainy, 2009. – 83 s. (in Ukrainian)
2. Herych M. V., Kliuchnyk S. V., Spivak D. S. Stalezalizobetonni prohonovi budovy mostiv dlia postkonfliktного vidnovlennia zruinovanoi transportnoi infrastruktury. Mosty ta tuneli : teoriia, doslidzhennia, praktyka, 2021. – № 19. – S. 28–37. (in Ukrainian)

3. Radkevych A. V. Vidnovlennia shtuchnykh budov [Tekst] : navchalnyi posibnyk / A. V. Radkevych, M. O. Lisniak, Yu. M. Horbatiuk, P. A. Lykhopok / Dnipropetr. nats. un-t zalizn. transp. im. akad. V. Lazariana. – Dnipro, 2018. – 406 s. (in Ukrainian)

УДК 624.131.53

## ЗАКРІПЛЕННЯ ЗСУВОНЕБЕЗПЕЧНИХ СХИЛІВ УКРАЇНИ, ЗРУЙНОВАНИХ ПІД ЧАС ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ

О. Л. ТЮТЬКІН<sup>1\*</sup>, О. І. ДУБІНЧИК<sup>2</sup>, В. Р. КІЛЬДЄЄВ<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup>Каф. «Транспортна інфраструктура», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта o.l.tiutkin@ust.edu.ua, ORCID 0000-0003-4921-4758

<sup>2</sup>Каф. «Транспортна інфраструктура», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта olga\_dubinchik@i.ua, ORCID 0000-0003-4059-2357

<sup>3</sup>Каф. «Транспортна інфраструктура», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта vk.promore@gmail.com, ORCID 0000-0003-2803-8150

**Анотація.** Основною метою дослідження є розгляд і аналіз способів закріплення зсувонебезпечних схилів і укосів на території України, зруйнованих, в результаті військових дій та аналіз їх напруженого стану. Проблема використання земель із несприятливими умовами сьогодні стає все більш актуальною. В Статті 47 Закону України «Про захист земель» зазначено, що використання зсувонебезпечних земельних ділянок дозволяється за умови вжиття заходів щодо їх протизсувного захисту. Необхідність закріплення рельєфу обумовлюється впливом природних факторів до яких зараз додаються техногенні фактори руйнування. Одним з важливих питань при будівництві на зсувних схилах є питання успішної боротьби з зсувними явищами. Це вирішується застосуванням раціональних протизсувних заходів. Найбільш ефективним є механічний опір руху земляних мас утримуючими елементами, заглибленими на розрахункову величину нижче поверхні ковзання.

*Ключові слова:* відбудова України; зсувонебезпечний схил; шпунтове огороження; закріплення схилу сітками

### Вступ та мета

Повномасштабне вторгнення росії до України завдало та продовжує завдавати великої шкоди природному рельєфу України. Зараз навіть неможливо повністю оцінити вплив війни на довкілля. Проте, чим довше триває війна, тим більше вона завдає шкоди території України. Зсувні процеси на території України були і раніше. Ці процеси природного характеру, але війна їх посилила. Відбудова України буде проходити і на зруйнованих зсувних схилах. Тому необхідність вибору раціональних методів їх закріплення стає ще більш актуальним.

Зсуви – це зміщення мас гірських порід вниз схилом під впливом сили тяжіння. На утворення зсувів впливає безліч факторів, у тому числі кліматичні, гідрогеологічні, сейсмотектонічні, антропогенні, а також абсолютна висота, експозиція схилу, віддаленість від

зон тектонічних руйнувань. Зсуви виникають на якійсь ділянці схилу або укосу внаслідок порушення рівноваги порід, в результаті збільшення крутості схилу внаслідок підмивання водою; ослаблення міцності порід при вивітрюванні та перезволоженні опадами та підземними водами; впливом сейсмічних поштовхів; будівництвом та господарською діяльністю, що проводяться без урахування геологічних умов місцевості, військовими діями.

Зсуви можуть відбуватися на всіх схилах, починаючи з крутості 19 градусів, проте на тріщинуватих глинистих ґрунтах зсуви можуть початися і при крутості схилу 5-7 градусів. Вони можуть ходити у будь-яку пору року. Зсуви характеризуються типом порід; вологістю порід; швидкістю руху зсувів по схилу; обсягом порід; максимальною довжиною зсувів по схилу. Породи, що становлять основу зсуву, можуть бути різні – від глинистих мас до скельних.

Зсуви, викликані зміною природних умов, розвиваються поступово. Початковою ознакою зсувних зрушень, є поява тріщин на поверхні землі, розривів доріг і берегових укріплень, зміщення дерев. При розпушуванні схилу, в результаті військових дій, руйнування і сповзання схилу проходить швидко (рис.1).

Необхідність зміцнення рельєфу обумовлюється вітровою ерозією, водною ерозією; горизонтальними зрушеннями. Під впливом цих факторів може статися осідання, обвалення або розмив ґрунту, що є небезпечним не тільки для будинків та споруд, що знаходяться на проблемній ділянці, але й безпосередньо для життя людей.



Рисунок 1 – Зсувонебезпечна ділянка у Києві

### Методика

Закріплення укосів та схилів раціонально проводити у випадках, коли на ділянці присутні: 1) яри, схильні до збільшення розмірів; 2) різкий обрив чи крутий схил, із значним ризиком зсуву; 3) штучно сформовані насипи, недостатня щільність яких потребує стороннього закріплення ґрунту; 4) пологі укоси або схили, що обмежують можливості цільової експлуатації ділянки, вирівнювання яких фінансово недоцільне.

### Результати та обговорення

Зміцнення схилів та укосів виконується за допомогою шпунтового огородження. Використовуються наступні види шпунта: шпунт Ларсена (рис. 2); трубчастий шпунт (сталеві палі) (рис. 3); профільний шпунт – Z, S-подібної та плоскої форми.



Рисунок 2 – Шпунт Ларсена



Рисунок 3 – Трубошпунт

Шпунтова огорожа за рахунок стикування в замок є повністю герметичною конструкцією. Крім механічного обмеження можливості переміщення ґрунту, шпунтова стінка зменшує ризик водної ерозії рельєфу, що дуже важливо при зміцненні укосів (рис. 4).



Рисунок 4 – Підсилення шпунтовою стінкою

Такі огороження отримують свою стійкість за рахунок защемлення нижньої частини стінки ґрунтовими масами – шпунт занурюється на глибину залягання міцних пластів ґрунту, що забезпечує високу стійкість стінки навіть на ділянках зі слабким поверхневим ґрунтом.

Трубошпунт використовується на ділянках зі слабкими ґрунтами, в яких шпунт Ларсена не має необхідної стійкості. За рахунок більшого поперечного перерізу трубошпунт має підвищену стійкість у ґрунті – така стінка має більш високі показники опору до перекидання та розриву замка.

Закріплення схилу сітками має найкраще співвідношення міцності до ваги, що дозволяє створювати гарантовано надійні, візуально привабливі та екологічні технічні рішення (рис. 5).



Рисунок 5 – Сітка TECCO

Система зміцнення схилів складається з високоміцної мережі, сплетеної з дроту діаметром 2, 3 або 4 мм, що у поєднанні з трьома різними типами зубчастих пластин забезпечує найкращу ефективність для будь-якого схилу.

Тимчасовий опір дроту становить не менше 1770 Н/мм<sup>2</sup>, що забезпечує мінімальне подовження та максимальне попереднє натягування сітки на схилі, гарантуючи надійність його закріплення та мінімальні деформації.

Особлива ромбовидна форма комірки дозволяє ефективно передавати навантаження на нагелі, оберігаючи конструкцію від деформацій, що руйнують. Щільно облягаючи нерівності навіть на неоднорідному схилі, сітка забезпечує найкращу стабілізацію в будь-яких геологічних умовах.

Края сітки скручені у вузол. Така особливість забезпечує надійну стабілізацію схилу по краях ділянки. Чудове співвідношення міцності до ваги високоміцного дроту дозволяє легко транспортувати та монтувати мережу. Нестабільні схили закріплюються надовго з мінімальним впливом на природний ландшафт.

### **Висновки**

В основному зсувні процеси відбуваються виключно на схилах та укосах, у будові яких беруть участь глинисті та лесоподібні породи. Вони небезпечні для всіх видів будівель та інженерних споруд, розташованих на схилах. Тому вибір правильного методу закріплення схилу має велике значення як для самого схилу так і для споруд, які знаходяться біля зсувної ділянки.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Dubinchyk O., Petrenko V., Ihnatenko D., & Kildieiev V. (2019). Comprehensive analysis of the retaining pile structure with the determining the stability factor by numerical methods. E3S Web of Conferences, 109. 1-8.
2. ДБН В.1.1-24:2009 (2010). Захист від небезпечних геологічних процесів. Основні положення проектування. Київ: Мінрегіонбуд.
3. Зоценко, М. Л., Коваленко, В. І., Хілобок, В. Г., & Яковлев, А. В. (2004). Інженерна геологія: Механіка ґрунтів, основи та фундаменти. Київ: Вища школа.
4. Тютюкін, О. Л., Дубінчик, О. І., & Кільдєєв, В. Р. (2018). Аналіз результатів стійкості природних схилів, складених неоднорідними та шаруватими ґрунтами. Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика, 14, 81-92.
5. Тютюкін, О. Л., Дубінчик, О. І., Кільдєєв, В. Р., & Новік, Р. Б. (2022). Аналіз методів розрахунку стійкості зсувонебезпечних схилів. Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика, 22, 85-92.

### **CONSOLIDATION OF LANDSLIDE-PRONE SLOPES OF UKRAINE, DESTROYED DURING MILITARY OPERATIONS**

O. L. TIUTKIN<sup>1\*</sup>, O. I. DUBINCHYK<sup>2</sup>, V. R. KILDIEIEV<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup>Department «Transport Infrastructure», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryan St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail o.l.tiutkin@ust.edu.ua, ORCID 0000-0003-4921-4758

<sup>2</sup>Department «Transport Infrastructure», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryan St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail olga\_dubinchik@i.ua, ORCID 0000-0003-4059-2357

<sup>3</sup>Department «Transport Infrastructure», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryan St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail vk.promore@gmail.com, ORCID 0000-0003-2803-8150

**Abstract:** The main purpose of the study is to consider and analyze the methods of securing landslide-prone slopes on the territory of Ukraine, destroyed as a result of military operations, and to analyze their stressed state. The problem of land use with unfavorable conditions is becoming more and more urgent today. Article 47 of the Law of Ukraine "On Land Protection" states that the use of landslide-prone land plots is permitted provided that measures are taken to protect them against landslides. The need to consolidate the terrain is determined by the influence of natural factors, to which man-made factors of destruction are now added. One of the important issues in construction on landslides is the issue of successfully combating landslides. This is solved by the use of rational anti-slide measures. The most effective is the mechanical resistance to the movement of earth masses by the retaining elements buried by the calculated value below the sliding surface.

*Keywords:* reconstruction of Ukraine; landslide-prone slope; sheet pile fencing; securing the slope with nets

#### REFERENCES

1. Dubinchyk O., Petrenko V., Ihnatenko D., & Kildieiev V. (2019). Comprehensive analysis of the retaining pile structure with the determining the stability factor by numerical methods. E3S Web of Conferences, 109. 1-8. (in English)
2. DBN V.1.1-24:2009 (2010). Zakhyst vid nebezpechnykh heolohichnykh protsesiv. Osnovni polozhennia proektuvannia. Kyiv: Minrehionbud. (in Ukrainian)
3. Zotsenko, M. L., Kovalenko, V. I., Khilobok, V. H., & Yakovliev, A. V. (2004). Inzhenerna heolohiia: Mekhanika gruntiv, osnovy ta fundamenty. Kyiv: Vyshcha shkola. (in Ukrainian)
4. Tiutkin, O. L., Dubinchyk, O. I., & Kildieiev, V. R. (2018). Analiz rezultativ stiikosti pryrodnykh skhyliv, skladenykh neodnorodnymy ta sharuvatymy gruntamy. Mosty ta tuneli: teoriia, doslidzhennia, praktyka, 14, 81-92. (in Ukrainian)
5. Tiutkin, O. L., Dubinchyk, O. I., Kildieiev, V. R., & Novik, R. B. (2022). Analiz metodiv rozrakhunku stiikosti zsvonebezpechnykh skhyliv. Mosty ta tuneli: teoriia, doslidzhennia, praktyka, 22, 85-92. (in Ukrainian)

**СЕКЦІЯ 5 «ТРАНСПОРТНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ГАЛУЗЕВЕ  
МАШИНОБУДУВАННЯ»**

УДК 681.12

**ПРОБЛЕМИ ТАНКО-ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СУХОПУТНИХ ВІЙСЬК  
ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ ПРИ ВЕДЕННІ БОЙОВИХ ДІЙ**В. К СИДОРЕНКО<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup>Каф. «Галузевого машинобудування», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта [kgtz.vk7@gmail.com](mailto:kgtz.vk7@gmail.com), ORCID 0009-0005-7610-4433

**Анотація.** Освітлено основні проблеми танко-технічного забезпечення, проведення обслуговування та відновлення озброєння та військової техніки з'єднань і частин Сухопутних військ ЗС України при веденні бойових дій.

*Ключові слова:* військова техніка та озброєння, логістичне забезпечення, технічне обслуговування і ремонт.

Важливою умовою під час підготовки та у ході проведення оборонних та наступальних операцій, бойових дій з'єднань та частин Сухопутних військ ЗС України є своєчасне і повне проведення танко-технічного забезпечення, технічного обслуговуванні і відновлення (ремонту) озброєння та військової техніки (ОВТ) і постачання військових частин та підрозділів матеріально-технічними засобами за класами постачання [1].

Метою роботи є висвітлення основних проблем танко-технічного забезпечення, проведення обслуговування та відновлення озброєння та військової техніки з'єднань і частин Сухопутних військ ЗС України при веденні бойових дій.

Головна мета танко-технічного забезпечення – досягнення встановленого рівня бойової готовності військ по наявності, бойовій ефективності, технічному стану, готовності до бойового застосування бронетанкового озброєння та техніки, бронетанкового майна, технічній та спеціальній підготовці (технічній навченості) особового складу. Розгортання системи танко-технічного забезпечення у ході підготовки і застосування з'єднань та частин Сухопутних військ ЗС України в операції з відсічі збройної агресії полягає у створенні угруповання сил і засобів танко-технічного забезпечення, поповненні запасів бронетанкового майна до встановлених норм у визначених операційних зонах (районах), і включає: перегруповання військових частин (підрозділів) танко-технічного забезпечення до районів призначення; розосередження і оновлення запасів ОВТ, бронетанкового майна; прискорення відновлення ремонтного фонду.

Танко-технічне забезпечення включає комплекс організаційно-технічних заходів, які проводяться з метою своєчасного укомплектування підрозділів та частин ОВТ, забезпечення їх бронетанковим майном, підтримання озброєння та техніки в постійній готовності до бойового

застосування та забезпечення надійної роботи в різних умовах обстановки, а також своєчасного відновлення пошкодженої техніки та озброєння в інтересах підтримання високої боєздатності військ при виконанні бойових завдань. Танко-технічне забезпечення здійснюється особовим складом, який експлуатує ОВТ, а також силами та засобами танко-технічного забезпечення, який входить до складу ремонтно-відновлювальних органів з'єднань і частин Сухопутних військ ЗС України. Боєздатність з'єднань та частин Сухопутних військ, ефективність їх застосування за призначенням значною мірою залежать від рівня їх технічної готовності, у тому числі і забезпеченості працездатними зразками ОВТ [1].

Завдання танко-технічного забезпечення: визначення потреби з'єднань, частин та підрозділів в озброєнні та військової техніки і технічному майні; прогнозування стану ОВТ, можливої величини втрат озброєння, техніки та технічного майна протягом бойових дій (відсічі збройної агресії); своєчасне забезпечення сил оборони необхідною кількістю ОВТ та технічного майна а також підтримання їх у стані, який забезпечує своєчасне приведення їх у готовність до застосування (використання за призначенням) за рахунок їх збереження, обслуговування, ремонту і відновлення; своєчасне приведення їх в установлений ступінь готовності до використання за призначенням; технічна підготовка особового складу, який залучається до експлуатації військової техніки і використання технічного майна; спеціальна підготовка особового складу частин і підрозділів танко-технічного забезпечення; організація відновлення пошкоджених зразків озброєння та військової техніки; організація технічного обслуговування ОВТ та відновлення їх працездатності безпосередньо в місцях виходу їх з ладу.

Особливу увагу в танко-технічному забезпеченні звертається на технічне обслуговування та відновлення ОВТ з'єднань та частин Сухопутних військ ЗС України. Технічне обслуговування та відновлення ОВТ організовується і здійснюється за видами озброєння і військової техніки. Кількість та якість озброєння і військової техніки, які є у з'єднаннях та частинах Сухопутних військ ЗС України, істотно впливають на бойові можливості. У зв'язку з цим важливо підтримувати ОВТ у справному стані та у постійній готовності до бойового застосування. Технічне обслуговування озброєння і військової техніки в період підготовки до виконання бойових завдань та веденні бойових дій має дві основні мети: перша - забезпечити надійну роботу військової техніки в ході виконання поставлених завдань, друга – максимально зменшити обсяг обслуговування під час ведення бойових дій. При цьому час підготовки ОВТ та обсяг проведення технічного обслуговування буде залежати від багатьох обставин. Головний критерій, який впливає на терміни і обсяги проведення обслуговування, буде визначати оперативна обстановка та визначені плани щодо бойового застосування з'єднань та частин в ході проведення операції та веденні бойових дій. Необхідний обсяг обслуговування визначається на підставі фактичного стану озброєння і бойових машин, характеру поставленого завдання та можливий розмір пробігу техніки, особливостей району бойових дій, можливості рухомих засобів обслуговування, наявності експлуатаційних матеріалів і запасних частин, а також визначеного часу на проведення обслуговування [2]. Основні проблеми які виникають при проведенні технічного обслуговування техніки та озброєння під час підготовки та у ході проведення бойових дій пов'язані з реальним станом обставин, які виникали протягом останніх років. На даний час основними недоліками управління технічним станом військової техніки теперішній час є недосконалість процесів технічного обслуговування та відновлення військової техніки, що його забезпечують, а саме наступні: низька ефективність профілактичних робіт, завищені

кількість, обсяг, трудомісткість технічного обслуговування та неврахування технічного стану конкретного зразка на момент проведення технічного обслуговування в умовах бойових дій; неврахування структури і, як наслідок, низька оптимальність і неузгодженість режимів обслуговування різних функціонально пов'язаних підсистем, що входять в один зразок військової техніки; значні не виробничі втрати часу і ресурсів в ремонтно-відновлювальних підрозділах тактичного рівня через нераціональний склад та спосіб їх застосування; низькі показники технічного обслуговування та відновлення через не достатньо обґрунтований склад сил та засобів відновлення під час виконання завдань бойового призначення; складнощі, які виникають під час проведення за необхідністю корегування періодичності технічного обслуговування та визначення резервів часу для відновлення військової техніки в ситуаціях співпадіння за часом проведення цих заходів з інтенсивним веденням бойових дій і необхідністю задоволення потреби у використанні за призначенням максимальної кількості зразків військової техніки.

Окремо необхідно виділити питання що в з'єднаннях та частинах Сухопутних військ знаходиться досить велика кількість військової техніки, до якої відносять всі технічні засоби, які призначені для забезпечення бойових дій, навчання особового складу частин та підрозділів. Також до військової техніки належать машини, прилади, у тому числі техніка тилу, засоби евакуації, технічного обслуговування та ремонту, вимірвальна техніка військового призначення тощо. Одну із основних складових системи технічного обслуговування та відновлення військової техніки складають рухомі засоби технічного обслуговування і ремонту. Вони включають в себе: засоби технічного оснащення (технологічне обладнання, оснащення й інструмент); виробничі площі чи приміщення (кузови-фургони, намети); транспортну базу (колісну, гусеничну); енергетичне обладнання (генератори, трансформатори, перетворювачі); засоби управління виробничим процесом (засоби зв'язку, прилади контролю та налагодження, оргтехніка). Зазначені засоби можуть бути комплексного або окремого виконання. В ремонтних підрозділах та частинах найбільше застосовуються комплексні рухомі технічні засоби відновлення – ремонтні майстерні, машини технічного обслуговування, машини технічної допомоги, броньовані ремонтно-евакуаційні машини [2].

На сьогодні, значна частина рухомих засобів та стаціонарного обладнання технічного обслуговування і військового ремонту морально застаріла та не відповідає сучасним вимогам навіть для існуючого парку зразків озброєння та військової техніки (на початок військової агресії російської федерації в ЗСУ рухомих засобів технічного обслуговування і ремонту - 99% – зразки виробництва 1970-80-х років виготовлення за часів Радянської армії, з них 98% знаходились в експлуатації понад 16 років та за своїми тактико-технічними характеристиками морально застарілі). Вони мають обмеження з номенклатури складових частин, що ремонтуються, видам робіт, які проводяться при технічному обслуговуванні і військового ремонту, що не дозволяє своєчасно та якісно виконати ці роботи в місцях виконання бойових завдань з'єднаннями та частинами. Враховуючи різноманітність ОВТ (а це і види та модифікації бойових машин різного року виробництва, і трофейна техніка, і озброєння та військова техніка яка надходить в рамках допомоги з інших держав) технологічний процес виконання проведення ТО і ремонту в ході бойового використання озброєння і військової техніки значно ускладнюється. Наявність танків Challenger 2 з Великої Британії, танків M1A2 Abrams зі США та Leopard 1, 2 від Німеччини і кількох інших країн світу ускладнює ситуацію з танками "з точки зору матеріально-технічного забезпечення". Виникає необхідність

контролю тактико-технічних характеристик озброєння та бойової техніки і підтримання їх в боєздатному стані та з урахуванням відмінності, що новітні зразки ОВТ мають елементи комп'ютеризації та роботизації комплексів, системи навігації, зв'язку та діагностики, які необхідно діагностувати та проводити перевірку технічного стану відповідно до встановлених стандартів військових підрозділів НАТО. Для проведення цих заходів недостатньо засобів діагностування, а деякі контрольно-перевірочні машини для перевірки систем забезпечення бойової техніки та їх діагностики відсутні навіть в ремонтних підрозділах. Для контролю тактико-технічних характеристик зразків озброєння і техніки та підтримання їх у боєздатному стані в новітніх зразках ОВТ, які мають елементи комп'ютеризації та роботизації комплексів, балістичних обчислювачів озброєння, систем навігації, зв'язку та діагностики, необхідно мати прилади діагностування та перевірки технічного стану зразків даної техніки.

Для вирішення завдань технічного обслуговування і відновлення (ремонт) ОВТ створена система логістики Сухопутних військ ЗС України. Окремо необхідно виділити питання логістичного забезпечення, а саме проблеми наявності запасних частин, експлуатаційних та ремонтних матеріалів та обладнання, ремонтних комплектів а також забезпечення з'єднань та частин Сухопутних військ боєприпасами. На даний час проблема наявності даного забезпечення в підрозділах з'єднань та частин – одна з найбільш важливих, оскільки своєчасне забезпечення або наявність необхідної кількості та номенклатури запасних частин і ремонтних матеріалів дає підрозділам можливість швидкого проведення робіт з технічного обслуговування і ремонту ОВТ та, відповідно, забезпечення їх ефективного використання в бойових умовах. Особливо гостро стоїть питання виготовлення, перевезення, складування та доставки до бойових позицій підрозділів боєприпасів до бойових машин, ракетно-артилерійського та стрілецького озброєння. Так, наприклад, через різні моделі танків виникають логістичні проблеми з деякими з них. Більшість танків українського та російського виробництва мають калібр танкової пушки 125 мм, Танк Abrams – 122 мм, танки Challenger 2, Leopard 1,2 – 120мм. Британські Challenger 2 використовують боєприпаси, що відрізняються від стандарту НАТО, а запаси танків Leopard 2 в різних країнах дещо відрізняються, навіть якщо це однакова модель. Ще більша різниця в ракетно-артилерійському та стрілецькому озброєнні.

Відновлення пошкодженого озброєння і військової техніки включає визначений комплекс заходів з технічної розвідки, евакуації зразків озброєння та військової техніки, передачі ОВТ встановленим порядком, ремонту, приведення у технічно готовий стан, повернення до строю. Під час проведення операції Сухопутних військ ЗСУ особовий склад бойових підрозділів може проводити незначні роботи по відновленню ОВТ [2]. При цьому виникають проблеми в недостатній кількості евакуаційних засобів. На більшості броньованих евакуаційних тягачах на відміну від подібних закордонних зразків відсутня захищеність тягачів динамічним захистом, що призводить до ураження об'єктів і загибелі екіпажів. При евакуації або відновленню навіть незначно пошкодженої техніки виникають труднощі з технічним оснащенням евакуаційних груп, відсутності такелажного та ремонтного обладнання. Більшість пошкодженої техніки евакуюють на збірні пункти пошкоджених машин. В умовах пошкодженої мережі доріг та інфраструктури в районах бойових дій питання переміщення великовантажної броньованої техніки автопоїздами вкрай обмежено, а кількість відповідних тягачів з причепами недостатня. Основні роботи по відновленню пошкодженого озброєння і військової техніки проводяться підрозділами окремого ремонтно-відновлювального полку,

ремонтно-відновлювальних батальйонів, виїзними ремонтними бригадами та ремонтними заводами підприємства «Українська оборонна промисловість». Відповідно до заявок ремонтні бригади прибувають та якісно проводять ремонт пошкодженої автомобільної, бронетанкової техніки чи ракетно-артилерійського озброєння. Основні проблеми які виникають в ремонтних підрозділах при відновленню ОБТ в першу чергу пов'язані з логістичним забезпеченням проведення ремонту та відновлення військової техніки та озброєння.

Проблеми танко-технічного забезпечення з'єднань та частин Сухопутних військ ЗС України при веденні бойових дій необхідно враховувати та усувати. Недостатньо профілактичного та ремонтного устаткування, запасних частин, деяких видів інструментів та експлуатаційних матеріалів, спеціалізованого (діагностичного) технологічного устаткування. Попри те, що Сухопутні війська ЗСУ за роки війни отримали на озброєння та прийняли на постачання велику кількість зразків ОБТ, існує потреба у створенні новітніх зразків рухомих засобів технічного обслуговування і ремонту модульного типу з сучасним оснащенням засобами діагностики, контрольно-перевірних пристроїв, спеціального обладнання з ремонту та обслуговування. Також є проблеми підготовки та навчання фахівців-ремонтників, наявності та рівня підготовки спеціалістів, які здатні проводити якісне діагностування, обслуговування та ремонт сучасного озброєння та техніки, неукмплектованості особовим складом ремонтно-відновлювальних підрозділів з'єднань та частин Сухопутних військ, недостатність технічно-експлуатаційної документації українською мовою особливо для закордонних зразків озброєння і військової техніки. Особливу увагу звернути на поліпшення організації та проведення логістичного забезпечення з'єднань та частин. Доцільно прискорити запровадження стандартів НАТО в Збройних Силах України.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Основи організації експлуатації і ремонту озброєння та військової техніки / за ред. Мацько О.Й. Київ : НУОУ, 2018. 400 с.
2. Застосування підрозділів та військових частин технічного забезпечення: в 2 книгах / Підрозділи технічного забезпечення / Копашинський С. А. та ін. Київ : МОУ, 2017. 136 с.

#### PROBLEMS OF TANK - TECHNICAL SUPPORT FOR THE GROUND FORCES OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE DURING COMBAT OPERATIONS

V.K. SYDORENKO<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup>Dep. «Branch engineering», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail kgtz.vk7@gmail.com, ORCID 0009-0005-7610-4433

**Abstract:** The main issues of tank technical support, servicing, and equipment recovery for the units and divisions of the Ground Forces of the Armed Forces of Ukraine during combat operations are highlighted.

**Keywords:** military equipment and weaponry, logistical support, technical maintenance and repair, combat operations.

## REFERENCES

1. Matsko O.I. (Red.) (2018). *Osnovy orhanizatsiï ekspluatatsiï i remontu ozbroiennia ta viiskovoi tekhniky*. Kyiv. NUOU.
2. Kopashynskiy S. A. (2017). *Zastosuvannia pidrozdiliv ta viiskovykh chastyn tekhnichnoho zabezpechennia*. Pidrozdily tekhnichnoho zabezpechennia. Kyiv. MOU.

УДК 62-225-048.78:681.518.54

## УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТЕХНІЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ДИЗЕЛЬНИХ ФОРСУНОК

М. І. КАПЦА<sup>1</sup>, А. Є. ДЕСЯК<sup>2\*</sup>, Ю. Г. КОЗИК<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Каф. «Локомотиви», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (0562) 33 19 61, ел. пошта m.i.kapitca@ua.fm, ORCID 0000-0002-3800-2920

<sup>2\*</sup>Каф. «Локомотиви», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, тел. + 38(063)9494195, ел. пошта andrey.desyak1992@gmail.com, ORCID 0000-0001-8650-5242

<sup>3</sup>Провідний інспектор RST (NoVo/DeVo) в галузі «Протипожежний захист / Евакуація / PRM», Керівник проєктів / фахівець з пожежної безпеки / ресурс менеджер, Заступник начальника відділу інспекцій CERTIFER Deutschland GmbH, ел. пошта kozik\_yuriy@yahoo.com, ORCID 0000-0002-5212-2953

**Анотація.** Основною метою роботи є розробка методу технічного діагностування форсунок з можливістю автоматизації процесу діагностування якості розпорощування дизельного палива та удосконалення стенду для їх випробування. Методика діагностування закладається в наступному. Стенд для випробування форсунок обладнується камерою з великою роздільною здатністю та високою частотою кадрів. Після зйомки процесу впорскування палива, відеоматеріал підлягає обробці, а саме, виконується розкадровка по фазах впорскування та подальша математична обробка цифрового 256-ти бітного зображення за допомогою програмного комплексу в середовищі Mathcad. В результаті чого суттєво підвищується точність та якість технічного діагностування розпорощувача дизельної форсунки та виключається людський фактор, що часто є причиною не якісного ремонту під час діагностування.

*Ключові слова:* технічне діагностування; форсунка; дизель; математична обробка.

### Вступ

Форсунка слугує для подачі палива в циліндр двигуна, розпорощення та розподілу палива в камері згоряння. Умови роботи форсунок дуже важкі – вони піддаються впливу колосальних тисків та теплових навантажень. Тому до форсунок, а особливо до розпорощувачів пред'являються дуже жорсткі вимоги, як до їх технічного стану та якості ремонту.

Для перевірки дизельних форсунок використовуються два основні методи: без зняття з двигуна та на стенді. Діагностування знятих із двигуна форсунок проводиться на спеціальних стендах. Результати тестування порівнюються із тест-планами, що відповідають тупу форсунки. Під час діагностування форсунок можна визначити правильність розпорощування дизельного палива, заміряти тиск, що утворюється в форсунках і виявити надмірну подачу палива [1, 2]. На підставі отриманих результатів планується подальший ремонт, після якого знову проводиться діагностування форсунок.

При випробуванні форсунки паливо з паливного бака через фільтр самоплином надходить до насоса, від насоса паливо під тиском через акумулятор надходить до форсунки. У період випробування форсунки пробка розподільної головки повинна бути закручена до упору. Цією ж пробкою при необхідності можливо знімати тиск палива стенда.

На стенді (рис. 1) випробовують герметичність конуса розпилювача форсунки, щільність направляючої частини голки та корпусу розпилювача, тиск відриву голки.

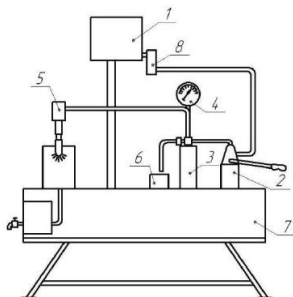


Рис. 1. Стенд для випробування й регулювання форсунок:

1 – паливний бак; 2 – насос; 3 – акумулятор; 4 – манометр;  
5 – форсунка; 6 – ємність; 7 – стіл; 8 – фільтр

Проте, даний метод діагностування розпилювача заснований лише на візуальному сприйнятті та досвіді майстра, що виконує діагностування форсунки. Тому пропонується удосконалити технологію випробування дизельних форсунок цифровим автоматизованим аналізатором розпорощування, а саме, виконувати відеозйомку розпорощування з високою частотою кадрів (1000 кад/с і більше), з подальшою розкадровкою по фазах впорскування та математичною обробкою цифрового зображення за допомогою програми Mathcad.

### Мета

Головною метою є удосконалення технології випробувань форсунок тепловозних дизелів шляхом додаткової установки цифрового аналізатора з відповідним програмним забезпеченням для математичної обробки результатів вимірювань. Це дасть змогу якісно та швидко оцінити стан розпилювача форсунки в автоматичному режимі.

### Методика

Обробка зображень – це аналіз та обробка аналогових і цифрових сигналів що сприймаються зором, а також зберігання, фільтрація та інші операції з цими сигналами. Цифрова обробка зображення – це використання комп'ютерних алгоритмів обробки цифрових зображень. Така обробка, порівняно з аналоговою, дозволяє застосовувати набагато ширший ряд алгоритмів до обробки та фільтрації вхідних сигналів та уникнути проблем, таких як додані шуми та спотворення в процесі обробки.

Зображення – це деякий двовимірний сигнал, який визначається математичною функцією  $f(x, y)$ , де  $x$  та  $y$  – дві координати по горизонталі та вертикалі. Також зображення можна подати у вигляді двовимірного масиву чисел в діапазоні від 0 до 255, при цьому значення 0 відповідає рівню чорного, а значення 255 – рівнем білого [3].

У зв'язку з тим, що цифрова пам'ять комп'ютера здатна зберігати тільки масиви даних, зображення спочатку перетворюється на деяку числову форму (матрицю). Переведення зображення в матричну систему здійснюється за допомогою координатної сітки, утвореної лініями, паралельними осям  $x$  та  $y$  декартової системи координат. Елемент зображення, що описується в матричному вигляді, називається – пікселем. Для представлення напівтону зображення достатньо  $2^8 = 256$  рівнів, тобто, один піксель зображення кодується як 1 байт інформації. При цифровій обробці зображень безперервний динамічний діапазон значень яскравості ділиться ряд дискретних рівнів. Ця процедура називається квантуванням.

Один із методів квантування – це метод формування растрових бінарних (2-х рівневих) зображень з напівтонових.

Обробка зображення у випадку полягає у виконанні будь-якого перетворення зазначеної матриці, в результаті якого формується набір її числових характеристик чи нове, оброблене зображення. Перетворення може стосуватися значень елементів або їх координат (індексів), виконуватися над матрицею в загалом, групою елементів чи над кожним елементом окремо.

Багато зображень разом з корисною інформацією містять різні шуми, спотворення та перешкоди. Для їх усунення застосовують різного роду перетворення цифрового зображення, або ж фільтрацію. Один з методів фільтрації – фільтрація шляхом згортки (матриця згортки). Матриця згортки – це матриця коефіцієнтів, яка множиться на значення пікселів зображення для отримання необхідного результату. Широко застосовується фільтр, заснований на матриці згортки, званий фільтром розмиття. Матриця в ньому заповнюється за нормальним (Гаусовим законом) та від розміру матриці залежить сила розмиття. Також частими у використанні є фільтр покращення чіткості, медіанний фільтр (використовується для зменшення шуму або згладжування зображення) і фільтр виділення контурів (для підкреслення перепадів яскравості та контурів) [4, 5].

Зображення можна зберігати у різних форматах, але всі формати містять матрицю чисел, що відтворюють відтінок сірого або колір кожного пікселя у зображенні. Програма Mathcad зберігає зображення у звичайних матрицях, де кожен елемент у рядку і стовпці матриці відповідає пікселю у зображенні, а значення у цій позиції відповідає відтінку сірого або кольору зображення.

Mathcad містить безліч операторів та вбудованих функцій для вирішення різних завдань. Програма дозволяє виконувати чисельні та символні обчислення, здійснювати

операції зі скалярними величинами, векторами та матрицями, автоматично переводити одні одиниці виміру до інших. Для набору команд, функцій, формул можна використовувати як клавіатуру, і кнопки на численних спеціальних панелях інструментів. Також Mathcad має інструменти програмування, що дозволяють будувати складні алгоритми.

Оскільки призначення цифрового перетворення зображень полягає у створенні умов поліпшення сприйняття зображення (підвищення якості введеного зображення, відокремлення частинок від всієї сукупності мікрочастинок зображення, видалення шумів, тощо), математична обробка зображень реалізує рішення вузьких задач, наприклад, підвищення контрасту, корекцію фону та виділення об'єктів, а також підвищення роздільної здатності зображень.

### Результати та їх обговорення

Даний метод діагностування передбачає наступне:

- модернізація існуючого стенду шляхом додаткового обладнання у вигляді камери з можливістю знімання з високою частотою кадрів 980 кад/с та у великій роздільній здатності 1080×1920 струменя;
- отримані відеокадри розподіляються на кадри по фазах впорскування (рис. 2-4);
- кожен кадр обробляється окремо за допомогою відповідного програмного забезпечення та перетворюється на 256-ти бітну матрицю інтенсивності відтінків (рис. 5).



Рис. 2. Один із відеокадрів впорскування форсунки



Рис. 3. Оброблене цифрове зображення моменту впорскування

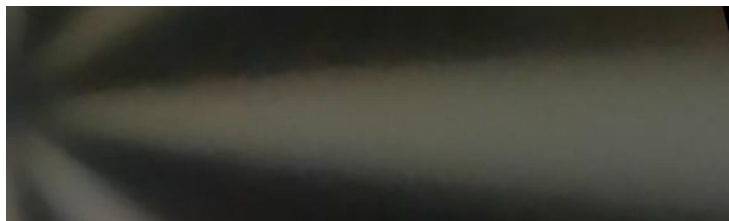


Рис. 4. Цифрове зображення одного кадру струменя розпоршувача

	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
	47	36	36	35	35	34	36	36	35	34	34	34	34	34
	48	36	36	35	35	34	35	36	34	33	34	34	34	34
	49	36	36	35	35	35	35	36	35	33	34	34	35	35
→	50	36	36	36	36	36	36	35	35	35	34	35	35	35
A =	51	36	36	36	36	34	35	35	35	34	35	35	35	34
	52	37	37	36	34	34	34	35	35	35	35	34	34	34
	53	38	37	36	35	35	35	35	36	36	35	34	34	34
	54	38	37	36	35	35	36	35	35	35	36	35	34	34
	55	37	37	36	36	36	35	35	34	35	34	35	34	35
	56	37	37	37	36	35	35	36	36	36	35	35	36	...

Рис. 5. Фрагмент матриці градієнту кольорів

Після математичної обробки одного сопла (рис. 6) вже чітко видно контури та є можливість порівнювати якість розпоршування пального в цифровому вигляді з еталонним розпоршуванням за формою та відсотком заповнення. Із зображення видно що відсоток розпоршування складає 41,3%. Для точного визначення стану сопел необхідно мали масив статистичних даних.

За цією ж методикою можна виконувати аналіз як одного сопла, так і всієї форсунки в цілому, порівнювати розпоршення кожного сопла з еталонним визначати період циклової подачі.

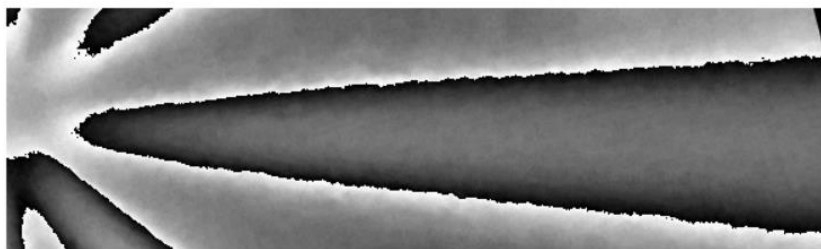


Рис. 6. Математично оброблене зображення одного сопла

До недоліків методу можна віднести лише те що складно відкалібрувати стенд та необхідна постійно однакова ступінь освітлення.

### Висновок

Даний метод технічного діагностування розпоршувача форсунки дозволяє автоматизувати та більш якісно оцінити стан розпоршування в кожній фазі (від початку до закінчення впорскування), адже процес впорскування триває близько 1,25 мс, що практично не може вловити людське око. Також виключається такий людський фактор як кваліфікація майстра, який оцінював якість розпоршування візуально.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Скалозуб, В. В., Очкасов, О. Б., & Кібець, Д. В. (2020). Автоматизований експертний комплекс із дослідження та прогнозування параметрів силових енергетичних установок локомотивів. Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті, 25(2), 8-18.
2. Bodnar, V. Y., Ochkasov, O. B., Cherniaiev, D. V., & Detsiura, O. Y. (2012). Metody nerozbirohogo diahnostuvannia dyzeliv pry ekspluatatsii rukhomoho skladu [Methods of nonseparable diagnostics of diesel engines in operation of rolling stock]. Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana, 56-60.
3. Боднар, В. Є., Очкасов, О. Б., & Черняєв, Д. В. (2013). Визначення методу фільтрації сигналу нерівномірності частоти обертання колінчастого вала дизеля. Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, (1), 113-118.
4. Bodnar, V., & Ochkasov, O. (2021). Devising a procedure to form the diagnostic parameters for locomotives using a principal components analysis. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2(1), 110.
5. Bodnar, V. E., Ochkasov, O. B., Bodnar, E. B., Hryshechkina, T. S., & Ocheretnyuk, M. V. (2018). Simulation of locomotive repair organization by the methods of queue systems theory. Наука и прогресс транспорта. Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта, (5 (77)), 28-40.

**IMPROVEMENT OF TECHNICAL DIAGNOSTIC TECHNOLOGY OF DIESEL  
INJECTOR**M. I. KAPITSA<sup>1</sup>, A. YE. DESIAK<sup>2\*</sup>, Y H. KOZIK<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Dep. «Locomotives», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, tel. +38 (0562) 33 19 61, e-mail m.i.kapitca@ua.fm, ORCID 0000-0002-3800-2920

<sup>2\*</sup>Dep. «Locomotives», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, tel. + 38(063)9494195, e-mail andrey.desyak1992@gmail.com, ORCID 0000-0001-8650-5242

<sup>3</sup> Assessor / Lead Inspector RST (NoBo/DeBo) for Fire protection / Evacuation / PRM, Project Manager / Fire Safety Officer / Resource Manager, Deputy Head of the Inspection Department CERTIFER Deutschland GmbH, tel. + 38(063)9494195, e-mail kozik\_yuriy@yahoo.com, ORCID 0000-0002-5212-2953

**Abstract.** The main goal of the work is to develop a method of technical diagnosis of nozzles with the possibility of automating the process of diagnosing the quality of diesel fuel spraying and improving the stand for their testing. The diagnostic method is based on the following. The nozzle test stand is equipped with a camera with a high resolution and a high frame rate. After shooting the fuel injection process, the video material is subject to processing, namely, a storyboard is performed for the injection phases and further mathematical processing of the digital 256-bit image using the Mathcad software package. As a result, the accuracy and quality of technical diagnostics of the diesel

injector sprayer significantly increases and the human factor is excluded, which is often the cause of low-quality repairs during diagnostics.

*Keywords:* technical diagnostics; injector; diesel; mathematical processing.

#### REFERENCES

1. Skalozub, V. V., Ochkasov, O. B., & Kibets, D. V. (2020). Avtomatyzovanyi ekspertnyi kompleks iz doslidzhennia ta prohnozuvannia parametriv sylovykh enerhetychnykh ustanovok lokomotyviv. *Informatsiino-keruiuchi systemy na zaliznychnomu transporti*, 25(2), 8-18.
2. Bodnar, B. Y., Ochkasov, O. B., Cherniaiev, D. V., & Detsiura, O. Y. (2012). Metody nerozbirnogo diahnostuvannia dyzeliv pry ekspluatatsii rukhomoho skladu [Methods of nonseparable diagnostics of diesel engines in operation of rolling stock]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana*, 56-60.
3. Bodnar, B. Ye., Ochkasov, O. B., & Cherniaiev, D. V. (2013). Vyznachennia metodu filtratsii syhnalu nerivnomirnosti chastoty obertannia kolinchastoho vala dyzelia. *Nauka ta prohres transportu. Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana*, (1), 113-118.
4. Bodnar, B., & Ochkasov, O. (2021). Devising a procedure to form the diagnostic parameters for locomotives using a principal components analysis. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2(1), 110.
5. Bodnar, B. E., Ochkasov, O. B., Bodnar, E. B., Hryshechkina, T. S., & Ocheretnyuk, M. V. (2018). Simulation of locomotive repair organization by the methods of queue systems theory. *Nauka y prohress transporta. Vestnyk Dnepropetrovskoho natsionalnoho unyversyteta zheleznodorozhnogo transporta*, (5 (77)), 28-40.

УДК 658.711.4

#### ПРО ЗАДАЧУ ВИБОРУ ПОСТАЧАЛЬНИКА ПОСЛУГ З ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ ТЕХНІКИ ПІДПРИЄМСТВА

В. М. БОГОМАЗ<sup>1\*</sup>, С. П. БІСИК<sup>2</sup>, А. М. БОРИСЕНКО<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup>Каф. «Військової підготовки спеціалістів Держспецтрансслужби», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта [wbogomas@i.ua](mailto:wbogomas@i.ua), ORCID 0000-0001-5913-2671

<sup>2</sup>Національний університет оборони України, Повітрофлотський пр-т, 28, Київ, Україна, 03049, ел. пошта [sergey-new@ukr.net](mailto:sergey-new@ukr.net), ORCID 0000-0002-5009-2113

<sup>3</sup>Каф. «Військової підготовки спеціалістів Держспецтрансслужби», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта [andrbor81@gmail.com](mailto:andrbor81@gmail.com), ORCID 0000-0003-0363-3834

**Анотація.** До основних завдань логістичного забезпечення підприємства відносяться: придбання послуг, закупівля матеріальних засобів, техніки, запасних частин та агрегатів для них з метою забезпечення потреб підприємства. Якість роботи підприємств суттєво залежить від справного стану техніки, який забезпечується її правильним використанням, технічним

обслуговуванням та ремонтом. Постачальник зазначених послуг з технічного обслуговування та ремонту техніки має відповідати вимогам замовника та забезпечувати їх якість та своєчасність. В роботі розглянуто задачу вибору кращого постачальника послуг за декількома показниками якості, динаміка зміни величин яких задана як функція часу. Запропоновано алгоритм розв'язування задачі вибору кращого постачальника за обраними показниками якості, використовуючи їх усереднені значення на визначеному проміжку часу. Розглянуто конкретний чисельний приклад розв'язування такої задачі.

*Ключові слова:* логістичне забезпечення, послуги, постачальник, технічне обслуговування

**Вступ та мета.** Логістичне забезпечення здійснюється з метою забезпечення потреб підприємств в техніці, матеріальних засобах, послугах та створення сприятливих умов для участі в процесах функціонування держави. Воно включає наступні послідовні процеси: планування, виконання та контроль ефективного з точки зору зниження витрат потоку техніки, матеріальних засобів, послуг та пов'язаної з ними інформації для задоволення вимог кінцевих споживачів.

Одним з основних завдань логістичного забезпечення підприємства є: придбання послуг, закупівля матеріальних засобів, техніки, запасних частин та агрегатів для них з метою забезпечення потреб підприємства. До комплексу заходів щодо забезпечення підприємства послугами входить їх закупівля відповідно до наданих потреб та в межах виділених асигнувань, їх постачання (надання) від виробників (постачальників) до підприємства на підставі укладених договорів (контрактів).

Отже, для своєчасного забезпечення підприємства технікою, запасними частинами для неї, належної якості послуг (техніки) та своєчасності їх надання (постачань) важливим є вибір постачальника серед всіх можливих та доступних варіантів.

Для порівняння наявних постачальників послуг можуть обиратися наступні показники якості: ціна послуг, якість послуги, надійність постачання (в тому числі в умовах воєнного стану), можливість позапланового постачання, умови платежів, відстань та час доставки, фінансовий стан постачальника та інші. На основі обраних показників обчислюється комплексний показник якості постачальника (рейтинг), за яким і приймається рішення про укладання договорів з постачання послуг. Подібні задачі розглядалися в [1-5].

Як відомо, справність техніки підприємства забезпечується правильною її експлуатацією, своєчасним та якісним технічним обслуговуванням та ремонтом. Отже, метою дослідження є побудова алгоритму вибору кращого постачальника послуг з технічного обслуговування та ремонту техніки із врахуванням статистичних даних зміни обраних показників якості кожного постачальника на протязі певного періоду часу.

**Методика.** Розглянемо приклад вибору кращого постачальника послуг з технічного обслуговування та ремонту однотипних зразків засобів інженерного озброєння. Нехай в результаті моніторингу підібрано  $N$  доступних постачальників та обрано  $n$  показників якості для їх порівняння. Нехай  $f_{ij}$  -  $i$ -й показник якості  $j$ -го постачальника послуг,  $i = \overline{1, n}$ ,  $j = \overline{1, N}$ . Припустимо, що для кожного з постачальників є відомими результати спостереження щодо зміни величини обраних показників якості протягом певного періоду часу  $t \in (t_n, T)$ ,  $t_n$  - початковий момент часу спостереження,  $T$  - кінцевий момент часу спостереження.

Отже, маємо  $f_{ij}(t)$  - функція зміни  $i$ -ого показника якості  $j$ -го постачальника послуг ( $i = \overline{1, n}, j = \overline{1, N}$ ) на відрізку часу  $t \in (t_n, T)$ . Для подальших досліджень припустимо, що  $f_{ij}(t)$  є напівнеперервними знизу для всіх  $i = \overline{1, n}, j = \overline{1, N}$  на  $t \in (t_n, T)$ .

Для врахування динаміки зміни кожного показника якості постачальника на відрізку часу  $t \in (t_n, T)$  введемо до розгляду наступну величину:

$$F_{ij} = \frac{1}{T - t_n} \int_{t_n}^T f_{ij}(t) dt, \quad (1)$$

де  $F_{ij}$  - усереднене значення функції зміни  $i$ -ого показника якості  $j$ -го постачальника послуг на відрізку часу  $t \in (t_n, T)$ .

Комплексний показник якості  $j$ -го постачальника послуг постачальника будемо розраховувати як зважену суму обраних для порівняння показників якості:

$$F_j = \sum_{i=1}^n w_i F_{ij}, \quad (2)$$

де  $w_i$  - вага  $i$ -ого показника якості постачальника послуги.

Отже, задача вибору кращого постачальника послуг зводиться до наступної задачі оптимізації:

$$\max \{F_1, F_2, \dots, F_N\} \quad (3)$$

Тобто кращий постачальник послуг з технічного обслуговування та ремонту зразків засобів інженерного озброєння буде з максимальним комплексним показником якості, у якого потрібно замовляти послуги та заключати договір.

Слід зауважити, якщо показники якості відбивають збільшення негативних характеристик постачальника (зростання цін, зростання частки неякісних товарів у загальному обсязі постачання та інш.), то перевагу при укладанні договору варто віддати постачальнику, комплексний показник якого буде нижче, тобто задача (3) буде мати вигляд:

$$\min \{F_1, F_2, \dots, F_N\}$$

**Результати та їх обговорення.** Для вибору кращого постачальника послуг технічного обслуговування та ремонту засобів інженерного озброєння застосовується наступний алгоритм:

1. Складаємо список постачальників, які надають необхідну послугу для обраного зразку засобів інженерного озброєння.

2. Обираємо тип, кількість та вид показників якості постачання  $f_{ij}(t)$  на відрізку часу  $t \in (t_n, T)$ .

3. Нумеруємо показники якості та визначаємо їх ваги  $w_i$ .

4. За формулою (1) визначаємо усереднене значення функцій  $F_{ij}$  на  $t \in (t_n, T)$  для всіх показників якості та кожного постачальника послуг.

5. За формулою (2) розраховуємо значення комплексного показника якості  $F_j$  кожного постачальника.

6. За формулою (3) знаходимо постачальника з максимальним (мінімальним) комплексним показником якості (він буде кращим за обраними показниками якості).

**Висновки.** Ефективність функціонування підприємств суттєво залежить від справного стану техніки, який забезпечується правильним використанням, своєчасними та якісними технічним обслуговуванням та ремонтом. Одним з основних завдань логістичного забезпечення підприємства є: придбання послуг, закупівля матеріальних засобів, техніки, запасних частин та агрегатів для них з метою забезпечення потреб підприємства. Постачальник зазначених послуг з технічного обслуговування та ремонту техніки має відповідати вимогам замовника та забезпечувати їх якість та своєчасність. Вибір постачальника є важливим в процесі планування логістичного забезпечення діяльності підприємства. В роботі розглянуто задачу вибору кращого постачальника послуг за декількома показниками якості, динаміка зміни величин яких задані як функції часу із врахуванням статистичних даних кожного постачальника на протязі певного періоду часу. Запропоновано алгоритм розв'язування задачі вибору кращого постачальника за обраними показниками якості, використовуючи їх усереднені значення на визначеному проміжку часу. Розглянуто конкретний чисельний приклад розв'язування такої задачі.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

7. Логістика [Текст]: навч. посіб. до виконання практ. робіт / А. В. Кононенко, Ю. О. Романенков, В. П. Гатило. – Харків: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. С. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2019. – 56 с.
8. Основи логістики [Текст]: метод. рекомендації до виконання практичних занять / уклад.: В.М. Богомаз, С.В. Ракша, А.М. Храмов, П.Г. Анофрієв, А.М. Борисенко; Дніпров. нац. ун-т залізничн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпро, 2020. – 35 с.
9. Григоров О.В., Аніщенко Г.О., Стрижак В.В. та ін. Техніка матеріальних потоків логістичних систем: навч. посібник. - Харків: ХНАДУ, 2017. - 536 с.
10. Крикавський Є.В. Логістика. Основи теорії. - Львів: «Інтелект-Захід», 2006. - 456 с.
11. Ruchton A., Croucher P., Baker P. The handbook of logistics and distribution management: understanding the supply chain. 5-th. edition. London. Philadelphia. New Delphi. Kogan Page. 2014. 721 p. ISBN 978 0 7494 6627 5.

## ON THE PROBLEM OF SELECTING THE SERVICE PROVIDER FOR MAINTENANCE AND REPAIR OF ENTERPRISE EQUIPMENT

V. M. BOHOMAZ<sup>1\*</sup>, S. P. BISIK<sup>2</sup>, A. M. BORYSENKO<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup>Dep. «Military Training of Specialists of the State Special Service of Transport», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail: [wbogomas@i.ua](mailto:wbogomas@i.ua), ORCID 0000-0001-5913-2671

<sup>2</sup>National Defense University of Ukraine, Povitroflotskyi Ave., 28, Kyiv, Ukraine, 03049, e-mail: [sergey-new@ukr.net](mailto:sergey-new@ukr.net), ORCID 0000-0002-5009-2113

<sup>3</sup>Dep. «Military Training of Specialists of the State Special Service of Transport», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail: [andrbor81@gmail.com](mailto:andrbor81@gmail.com), ORCID 0000-0003-0363-3834

**Abstract:** The main tasks of the logistics support of the enterprise include: purchase of services, procurement of material means, equipment, spare parts and aggregates for them in order to meet the needs of the enterprise. The quality of the work of enterprises depends significantly on the good condition of the equipment, which is ensured by its correct use, technical maintenance and repair. The provider of the specified technical maintenance and repair services must satisfy the customer's requirements and ensure their quality and timeliness. The paper examines the task of choosing the best service provider based on several quality indicators, the dynamics of which changes are set as a function of time. An algorithm for solving the problem of the best supplier choosing based on selected quality indicators, using their averaged values over a specified time interval, is proposed. A specific numerical example of solving such a problem is considered.

*Keywords:* logistics, services, supplier, maintenance

#### REFERENCES

6. Lohistyka [Tekst]: navch. posib. do vykonannya prakt. robot / A. V. Kononenko, Y. O. Romanenkov, V. P. Hatylo. – Kharkiv: Nats. aerokosm. un-t im. M. YE. Zhukovs'koho «Kharkiv. aviats. in-t», 2019. – 56 s. (in Ukrainian)
7. Osnovy lohistyky [Tekst]: metod. rekomendatsiyi do vykonannya praktychnykh zanyat / uklad.: V.M. Bohomaz, S.V. Raksha, A.M. Khramtsov, P.H. Anofriyev, A.M. Borysenko; Dniprov. nats. un-t. zaliznychn. transp. im. akad. V. Lazaryana. – Dnipro, 2020. – 35 s. (in Ukrainian)
8. Hryhorov O.V., Anishchenko H.O., Stryzhak V.V. ta in. Tekhnika materialnykh potokiv lohistychnykh system: navch. posibnyk. - Kharkiv: KHNADU, 2017. - 536 s. (in Ukrainian)
9. Krykavskyy YE.V. Lohistyka. Osnovy teorii. - L'viv: «Intelekt-Zakhid», 2006. - 456 s. (in Ukrainian)
10. Ruchton A., Croucher P., Baker P. The handbook of logistics and distribution management: understanding the supply chain. 5-th. edition. London. Philadelphia. New Delphi. Kogan Page. (in English)

### УДК 357.3

#### ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРЕОБЛАДНАННЯ АВТОМОБІЛЯ IVECO MAGIRUS 90-16

А.М. БОРИСЕНКО<sup>1</sup>, В.М.БОГОМАЗ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Каф. «Військової підготовки», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта [andrbor81@gmail.com](mailto:andrbor81@gmail.com),

ORCID 0000-0003-0363-3834

<sup>2</sup>Каф. «Військової підготовки», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта [wbogomas@i.ua](mailto:wbogomas@i.ua), ORCID 0000-0001-5913-2671

**Анотація.** Логістичне забезпечення підрозділів Держспецтрансслужби здійснюється з метою забезпечення її потреб в озброєнні та військовій техніці, спеціальній техніці, матеріальних засобах, послугах та створення сприятливих умов для участі в обороні держави. Однією з основних функціональних сфер логістичного забезпечення Держспецтрансслужби є технічне обслуговування та відновлення (ремонт) озброєння та військової техніки (далі – ОБТ). Аналіз стану наявної техніки в структурних підрозділах Держспецтрансслужби і

особливостей її застосування під час виконання завдань за призначенням в ході війни з рф, показує, що забезпечення ефективного функціонування різновидів транспортних засобів може бути досягнуто шляхом підбору транспортних засобів для виконання завдань у складі тактичних груп з урахуванням максимальної кількості факторів її застосування. Отже, дослідження проблеми визначення раціонального складу сил і засобів ремонтних органів для швидкого та якісного відновлення працездатності техніки в бойових умовах з врахуванням специфіки застосування підрозділів Державної спеціальної служби транспорту є актуальною. Під час дослідження розглянуто спосіб переобладнання та комплектування вантажного автомобіля IVECO MAGIRUS 90-16, який був наданий для доукомплектування з національної економіки України, з метою його подальшого застосування в якості багатопільової майстерні – транспортного засобу для перевезення особового складу ремонтного підрозділу, обладнання для технічного обслуговування і ремонту техніки Держспецтрансслужби.

*Ключові слова:* автомобіль, переобладнання, технічне обслуговування, ремонт.

Відновлення та ремонт техніки Держспецтрансслужби ремонтними підрозділами в загальній системі логістичного забезпечення повинен включати:

- визначення раціонального складу ремонтних комплектів запасних частин;
- відпрацювання методик постачання їх до місць виконання завдань по відновленню та ремонту техніки в бойових умовах як при організації та виконанні цих завдань безпосередньо на перших лініях оборони (риття траншей, обладнання окопів, розмінування територій), так і при здійсненні охорони важливих об'єктів критичної інфраструктури держави (мости, шляхопроводи, водонапірні башні, об'єкти електропостачання, тощо).

Засобами, які служать для надання технічної допомоги і ремонту транспортних засобів в польових умовах є пересувні ремонтні майстерні для автомобільної техніки та засобів інженерного озброєння. Використання пересувних майстерень забезпечує мобільність ремонтних бригад, доставку необхідних матеріалів, устаткування і виробів до місця виконання робіт, скорочує витрати і час на виконання ремонтно-відновлювальних робіт.

З досвіду ведення бойових дій ремонтно-відновлювальними підрозділами Держспецтрансслужби у війні з рф були зроблені певні висновки. По-перше, пересувні ремонтні майстерні на базі ЗІЛ-131 такі як ПММ-3, МТО-АТ, МТО-СДМ, ПРМА-2М виявилися непристосованими для забезпечення бойових дій військ (велика вразливість автомобілів через великі габарити, велика витрата палива, обмежена маневренність і т.п.). Все це призводило до того, що вищевказані ремонтні майстерні в ході виконання практичних ремонтно-відновлювальних робіт на об'єктах в цілому не застосовувалися, а для організації технічного забезпечення була задіяна лише одна з машин підрозділу з необхідним інструментом, запасними частинами і інструментом. Крім того майстерні на базі ЗіЛ-131 не встигали пересуватися за підрозділами, отже їх не використовували або залишали на одному з блок-постів або в базовому таборі. По друге, виділення з ремонтного підрозділу засобів ремонту та визначену за штатом для ремонтних майстерень кількість ремонтників знижувало бойові можливості і зменшувало його виробничий потенціал. Доцільність застосування майстерень виявилась ефективною практично тільки в пунктах постійної дислокації та на збірних пунктах пошкоджених машин. У зв'язку з цим виникла потреба в мобільних високопрохідних, маневрених з невеликою витратою пального автомобілях (вітчизняного чи закордонного виробництва), здатних в короткий термін перевозити особовий склад ремонтного

відділення (п'ять-сім ремонтників) та засоби ремонту до місць проведення технічного обслуговування і виходу з ладу техніки.

Одними з основних вимог до рухомих ремонтних майстерень в сучасних реаліях є їх автономність та мобільність, які мають забезпечувати виконання ремонтних робіт певної обмеженої номенклатури зі швидким розгортанням. Для забезпечення таких вимог в ремонтно-відновлювальних підрозділах Держспецтрансслужби створена сучасна рухома майстерня багатощільова Iveco-Magirus 90-16 з наступними технічними характеристиками базової машини: коробка передач – механічна; вид палива – дизельне; потужність двигуна – 118 кВт; допустима повна маса – 9200 кг; колісна формула – 4x4; система охолодження двигуна – повітряна (Рис.1).



Рис.1 Майстерня багатощільова Iveco-Magirus 90-16

Майстерня може переміщувати ремонтну команду у кількості 7 чоловік без врахування водія.

Для проведення робіт вона оснащена наступними агрегатами та інструментами:

- дизельний генератор LT 12E: номінальна напруга 230В, максимальна потужність 11 кВт, номінальна потужність 10 кВт, оберти двигуна 3000 об/хв, об'єм паливного баку 25л.

- пневмогайковерт: тиск повітря 6,3 бар, розхід повітря 142 л/хв, максимальний обертовий момент 610 Нм;

- напівавтомат зварювальний Vitals: напруга мережі живлення 230В, частота струму в мережі 50 Гц, діапазон регулювання зварювального струму 20-180А, діаметр зварювального дроту 0,6 – 1,2 мм, діаметр зварювального електроду 1,6 – 5мм, робоча вага агрегату 14,2 кг

- плазморіз для повітряно-плазмового різання Tekhman: товщина різання листового металу 9мм, регулювання струму 15-45А;

- точильний верстат для заточування інструменту Pelisatti: діаметр диска 200мм, товщина диска 20мм, потужність двига 350 Вт, частота обертання 2950 об/хв;

- свердлильний верстат Felisatti CC13: напруга 230В, номінальна потужність двигуна 350 Вт, максимальний діаметр свердління 15мм, кількість швидкостей шпинделя 5шт, тип приводу – ремінний, маса нето 16 кг, тип двигуна асинхронний;

- компресор Kentavr: потужність 23 кВт, кількість обертів 2800 об/хв, тип компресора поршневий, тип приводу ремінний, кількість циліндрів 2, об'єм ресивера 50л, продуктивність 400 л/хв;

- комплект ручного електрифікованого інструменту (кутова шліфувальна машинка діаметром 125 - 230мм, шуруповерт).

Даний комплект дозволяє виконувати слюсарні, зварювальні роботи для швидкого ремонту автомобільної, залізничної техніки та засобів інженерного озброєння Держспецтрансслужби безпосередньо на об'єктах виконання завдань за призначенням. Так як майстерня проходить стадію апробації на даному етапі визначення її можливості з технічного обслуговування можна визначити за формулою:

$$Q_{ТО} = \frac{n_{рем} t_{\phi} K_{вфТО}}{T_{ТО}},$$

де  $n_{рем}$  - кількість фахівців у пересувних ремонтних майстернях;

$t_{\phi}$ - час роботи фахівців, год;

$K_{вфТО}$  - коефіцієнт використання фахівців під час проведення ТО ( $K_{вфТО-1} = 0,15$ ,

$K_{вфТО-2} = 0,3$ ;

$T_{ТО}$ - середня трудомісткість ТО, люд.-год на зразок.

Слід зазначити, що в умовах повномасштабного вторгнення рф на одному з напрямків розгорнуто майстерню для ремонтних робіт автомобільної техніки. Залучено наступне дообладнання майстерні:

- напівавтомат зварювальний Vitals;
- плазморіз для повітряно-плазмового різання Tekhman;
- кутова шліфувальна машинка діаметром 125 мм.;
- кутова шліфувальна машинка діаметром 230 мм.;
- шуруповерт;
- набори ключів та головок;
- дизельний генератор LT 12E;
- компресометр;
- компресор Kentavr.

Висновок: в умовах повномасштабного вторгнення рф на територію України об'єм необхідних робіт з технічного обслуговування та ремонту як автомобільної техніки, так і засобів інженерного озброєння суттєво зріс. Взявши до уваги потреби з технічного обслуговування та ремонту наявних зразків техніки Держспецтрансслужби, для швидкого виконання ремонтно-відновлювальних робіт на місці виходу з ладу техніки обладнано майстерню багатопільову Iveco-Magirus 90-16. Майстерню укомплектовано та дообладнано необхідними сучасними засобами механізації та іншою допоміжною технікою. Пропонується провести доукомплектування даної майстерні засобами для змащувально-заправочних робіт.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Збірник матеріалів досвіду бойових (спеціальних) дій у підрозділах Сил оборони України під час російсько-української війни. Київ : Вид-во «Адміністрація ДССТ», 2022, 21 с.
2. Збірник №3 матеріалів вивчення бойових (спеціальних) дій у Державній спеціальній службі транспорту під час російсько-української війни. Київ : Вид-во «Адміністрація ДССТ», 2023, 35 с.
3. В.О. Дачковський, І.В. Овчаренко. Навчальний посібник «Оперативні розрахунки завдань технічного забезпечення (методика та приклади)» Київ : Вид-во НУОУ, 2016, 60 с.
4. А. М. Терещенко, В. В. Лісневський, С. А. Копашинський. Навчальний посібник «Організація експлуатації та ремонту озброєння і військової техніки» Київ : Вид-во НУОУ, 2011, 110 с.

**RESEARCH OF CONVERSIONS EFFICIENCY  
CAR IVECO MAGIRUS 90-16**A.M. BORYSENKO<sup>1</sup>, V.M. BOHOMAZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dep. "Military Training", Ukrainian State University of Science and Technology, str. Lazaryana, 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail [andrbor81@gmail.com](mailto:andrbor81@gmail.com), ORCID 0000-0003-0363-3834

<sup>2</sup>Dep. "Military Training", Ukrainian State University of Science and Technology, str. Lazaryana, 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail [wbogomas@i.ua](mailto:wbogomas@i.ua), ORCID 0000-0001-5913-2671

**Abstract.** Logistic support of units of the State Special Transport Service is carried out with the aim of meeting its needs in weapons and military equipment, special equipment, material means, services and creating favorable conditions for participation in the defense of the state. One of the main functional areas of logistics support of the State Special Transport Service is the maintenance and restoration (repair) of weapons and military equipment (hereinafter - OVT). An analysis of the state of the available equipment in the structural units of the State Special Transport Service and the features of its use during the performance of assigned tasks during the war with the Russian Federation shows that ensuring the effective functioning of various types of vehicles can be achieved by selecting vehicles to perform tasks as part of tactical groups, taking into account the maximum the number of factors of its application. Therefore, the study of the problem of determining the rational composition of forces and means of repair bodies for quick and high-quality restoration of the performance of equipment in combat conditions, taking into account the specifics of the use of units of the State Special Service of Transport, is relevant. During the study, the method of converting and equipping the IVECO MAGIRUS 90-16 truck, which was provided for additional equipment from the national economy of Ukraine, was considered, with the aim of its further use as a multi-purpose workshop - a vehicle for transporting the personnel of the repair department, equipment for maintenance and repair of State Special Transport Service equipment.

*Keywords:* car, conversion, maintenance, repair.

**REFERENCES**

1. Zbirnyk materialiv dosvidu boyovykh (spetsial'nykh) diy u pidrozdilakh Syl oborony Ukrayiny pid chas rosiys'ko-ukrayins'koyi viyny. Kyyiv : Vyd-vo «Administratsiya DSST», 2022, 21 s.
2. Zbirnyk №3 materialiv vyvchennya boyovykh (spetsial'nykh) diy u Derzhavnyi spetsial'niy sluzhbi transportu pid chas rosiys'ko-ukrayins'koyi viyny. Kyyiv : Vyd-vo «Administratsiya DSST», 2023, 35 s.

3. V.O.Dachkovs'kyu, I.V. Ovcharenko. Navchal'nyy posibnyk «Operatyvni rozrakhuky zavdan' tekhnichnoho zabezpechennya (metodyka ta pryklady)» Kyiv : Vyd-vo NUOU, 2016, 60 s.

4. A. M. Tereshchenko, V. V. Lisnevs'kyu, S. A. Kopashyns'kyu. Navchal'nyy posibnyk «Orhanizatsiya ekspluatatsiyi ta remontu ozbroynennya i viys'kovoyi tekhniki» Kyiv : Vyd-vo NUOU, 2011, 110 s.

#### УДК 623.4

### УЗАГАЛЬНЕННЯ ОСНОВНИХ ПОЛОЖЕНЬ З ОРГАНІЗАЦІЇ ТА ПОРЯДКУ РОЗГОРТАННЯ ПІДРОЗДІЛАМИ ДЕРЖАВНОЇ СПЕЦІАЛЬНОЇ СЛУЖБИ ТРАНСПОРТУ ЗБІРНИХ ПУНКТІВ ПОШКОДЖЕНИХ МАШИН ПРИ ВІДНОВЛЕННІ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

М. В. БОРЕНКО<sup>1\*</sup>, І. Є. КРАМАР<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup>Каф. «Військової підготовки», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта [bmw1961@ukr.net](mailto:bmw1961@ukr.net), ORCID 0000-0001-9578-3906

<sup>2</sup>Каф. «Військової підготовки», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта [i.y.kramar@ust.edu.ua](mailto:i.y.kramar@ust.edu.ua), ORCID 0000-0001-5913-2671

Анотація. Основною метою є узагальнення основних положень з організації та порядку розгортання підрозділами Державної спеціальної служби транспорту збірних пунктів пошкоджених машин при відновленні транспортної інфраструктури держави для збору (зосередження) пошкоджених зразків озброєння та військової техніки і розгортання, за потреби, ремонтно-відновлювальних (ремонтних) органів.

*Ключові слова:* збірний пункт пошкоджених машин; ремонтно-відновлювальна рота; засоби інженерного озброєння; залізнична, автомобільна техніка; матеріально-технічне майно.

Триває масштабна агресія Росії проти України. Російська армія, не досягнувши на початку вторгнення заявлених Кремлем цілей, веде головні бойові дії на Донбасі та Півдні України, а також щоденно обстрілює транспортну інфраструктуру.

Підрозділи Державної спеціальної служби транспорту в особливий період виконують покладені на них функції з технічного прикриття, відновлення, встановлення загороджень, розмінування вибухонебезпечних предметів на найважливіших об'єктах національної транспортної системи України, наводять, експлуатують і ремонтують наплавні мости та здійснюють заходи територіальної оборони (спеціальні дії). Для виконання зазначених функцій застосовуються засоби інженерного озброєння, залізнична, автомобільна техніка та матеріально-технічне майно (ОВТ). В умовах війни значно зростає інтенсивність використання цієї техніки, що приводить до виходу з ладу з таких основних причин: вплив сил противника, неправильна експлуатація та конструктивні недоліки.

Метою даної доповіді є узагальнення основних положень з організації та порядку роботи збірних пунктів пошкоджених машин та розробки методичних вказівок командирам підрозділів для практичного застосування при виконанні спеціальних дій.

Доповідь ґрунтується на аналізі «Збірників матеріалів вивчення досвіду бойових (спеціальних) дій у Державній спеціальній службі транспорту під час російсько-української

війни за 2022 - 2023 роки», Наставов по застосуванню ремонтно-відновлювальних органів, практичного досвіду та особистого спілкування з посадовими особами ремонтно-відновлювальних органів. На початок відновлювальних робіт в межах доручених бригаді напрямків (ділянок) транспортної мережі або групи об'єктів у визначеному розпорядженням заступника командира бригади з логістики району розгортається збірний пункт пошкоджених машин(ЗППМ).

ЗППМ – місце (район), призначене для збору (зосередження) пошкоджених зразків озброєння та військової техніки і розгортання, за потреби, ремонтно-відновлювальних (ремонтних) органів. Основні сили та засоби окремої ремонтно-відновлювальної роти (ремонтно-технічних рот батальйонів) розгортаються для відновлення техніки ОВТ на ЗППМ, який створюється на ділянці місцевості, на якій зосереджений або зосереджується ремонтний фонд. Райони для ЗППМ повинні відповідати тактичним і технологічним вимогам.

До тактичних вимог належать: безпечне віддалення від лінії зіткнення військ і об'єктів вірогідного нападу противника; забезпечення розосередженого і прихованого розміщення озброєння та військової техніки, підрозділів роти; забезпечення маскувannya й укриття особового складу, озброєння та військової техніки; відсутність радіаційного, хімічного, біологічного зараження і мінування місцевості; зручне розташування для організації надійної охорони й оборони; наявність зручних шляхів підходу і переміщення, що забезпечують швидкий вихід підрозділів.

До технологічних вимог належать: можливість розміщення елементів ЗППМ відповідно до технологічного процесу ремонту озброєння та військової техніки; наявність джерел води; можливість використання місцевої промислової бази і джерел електроенергії; наявність ділянок місцевості, які забезпечують випробування озброєння та військової техніки після ремонту; можливість ведення зварювальних робіт з найменшими затратами на маскувannya, а також виконання інших робіт.

Розташування ЗППМ у районах щільного проживання населення, поблизу об'єктів, які знаходяться під захистом міжнародного гуманітарного права, не допускається. Під час організації ЗППМ у населених пунктах потрібно вживати заходів щодо евакуації цивільного населення з районів розташування роти. Кожен підрозділ розгортає технологічне обладнання, виробничі намети і готує ділянки своїми силами. У першу чергу організовується охорона ЗППМ і розгортаються робочі місця, які потрібні для ремонту наявного ремонтного фонду. У деяких випадках за рішенням командира вищого рівня для обладнання ЗППМ можуть виділятися сили і засоби інженерних підрозділів, для проведення спеціальної обробки озброєння та військової техніки – сили і засоби підрозділів РХБ захисту, а для охорони й оборони – бойові підрозділи.

У районі організації ЗППМ обладнуються ділянки: для приймання озброєння та військової техніки; ремонту озброєння, техніки і для спеціальних робіт; розміщення відремонтованих озброєння та військової техніки; розташування підрозділів забезпечення; випробування (вивіряння і пристрілювання) озброєння, інших систем зразків озброєння та військової техніки; місця для зберігання боєприпасів, військово-технічного майна, пального, мастильних та інших експлуатаційних матеріалів і матеріальних засобів; траса (ділянка місцевості) для пробігових випробувань; укриття для особового складу, озброєння та військової техніки, окопи для оборони ЗППМ.

Ступінь обладнання ділянок та інших елементів ЗППМ визначається виходячи з умов обстановки і можливостей підрозділів. Ділянка для приймання озброєння та військової техніки складається з постів і майданчиків, об'єднаних в пункт спеціальної обробки і пункт приймання

озброєння та військової техніки в ремонт. Начальником ділянки призначають командира підрозділу регламентних робіт або іншого офіцера (сержанта). Пункт спеціальної обробки включає: контрольно-розподільний пост; майданчик спеціальної обробки; пост евакуації ураженого особового складу екіпажу (обслуги) і механіків-водіїв (водіїв) з машин; майданчики для озброєння та військової техніки з високим рівнем зараження.

Контрольно-розподільний пост організовується безпосередньо на шляху руху ремонтного фонду до виробничих ділянок з урахуванням пануючих вітрів на віддаленні від них не менше 100 м. Майданчик спеціальної обробки створюється поблизу контрольно-розподільного поста і джерела води; повинен мати нахил у протилежний від ЗППМ і джерела води бік або обладнуватися водозбірними (водовідвідними) спорудами.

Майданчик для ОВТ з високим рівнем зараження обладнується поодаль від шляху руху ремонтного фонду, на безпечному віддаленні від інших ділянок, постів і майданчиків ЗППМ. Пункт приймання ОВТ в ремонт включає: пост миття; пост вивантаження боєприпасів, пост огляду ОВТ, майданчик для ОВТ, які очікують ремонту або передачі засобам старшого начальника. Пост миття по можливості розміщується поблизу джерела води на шляху руху незараженого ремонтного фонду до виробничих ділянок; обладнується засобами для миття (мотопомпа тощо).

Для роботи на посту огляду ОВТ виділяються фахівці різних ремонтних підрозділів. За наявності підручних засобів пост обладнується естакадою, оглядовою ямою, стелажем для інструменту та інвентарю. Майданчик для ОВТ, які очікують ремонту або передачі засобам старшого начальника, створюється з таким розрахунком, щоб забезпечувалось зберігання ремонтного фонду та підхід евакуаційних засобів. Місця зберігання озброєння та військової техніки, які очікують ремонту або передачі засобам старшого начальника, створюються окремо один від одного.

Ділянки для ремонту ОВТ створюються по кількості спеціалізованих ремонтних підрозділів. За рахунок сил і засобів орвб, розгорнутого на ЗППМ у повному складі, створюються ділянки з ремонту ЗТ, ЗЮ, АТ, техніки тилу. До складу кожної ділянки входить кілька робочих постів, основу яких складають ремонтні взводи (відділення) зі спеціалізованого ремонту озброєння та військової техніки. Для розташування відділень потрібний район площею 400 – 900 м<sup>2</sup>. На ділянках також можуть створюватись пости з ремонту електрообладнання, промивання складових очисників повітря, діагностики та інші пости.

За організацію робіт на ділянці відповідає командир підрозділу. Ділянка спеціальних робіт, яка розміщується в центрі ЗППМ, організовується підрозділом спеціальних робіт. На ділянці створюються пости слюсарно-механічних, теплових робіт, з ремонту і зарядки акумуляторних батарей та інші пости залежно від організаційно-штатної структури і можливостей підрозділу. Площа для розгортання поста становить 100–200 м<sup>2</sup>. Дана ділянка не організовується, якщо відповідні ділянки організовуються на ділянках ремонту ОВТ. Майданчик для розміщення відремонтованих ОВТ створюється з урахуванням забезпечення їх збереження, можливості огляду і передачі машин представникам підрозділів. Ділянка для розташування підрозділів забезпечення вибирається, як правило, у складках місцевості та інших місцях прихованого розміщення.

Місця для зберігання боєприпасів, військово-технічного майна, пального, мастильних та інших експлуатаційних матеріалів і матеріальних засобів обладнуються в місцях, які забезпечують їх охорону та зручні для своєчасного забезпечення підрозділів. Місця зберігання боєприпасів, пального і мастильних матеріалів машин, які перебувають у ремонті,

розташовують поблизу робочих постів (місць ремонту озброєння та військової техніки) з урахуванням можливості їх використання під час оборони ЗППМ.

Траса (ділянка місцевості) для пробігових випробувань вибирається на пересіченій місцевості окремо для гусеничних і колісних машин, не повинна перетинати основні технологічні вантажо потоки. Укриття й окопи на місцевості відривають з урахуванням організації охорони і кругової оборони району розміщення ЗППМ. Для зменшення обсягу інженерних робіт при розміщенні підрозділів використовуються природні укриття, а також штучні укриття, залишені військами, які вели бойові дії в цьому районі.

При розгортанні ремонтного підрозділу на відповідній ділянці на ЗППМ необхідно:

- розміщувати підрозділ з урахуванням технологічної послідовності ремонту озброєння, спеціалізації і взаємодії підрозділів, а також з урахуванням можливостей кабельної електричної мережі;

- розміщувати автомобілі і намети розосереджено, використовуючи захисні властивості місцевості і враховуючи можливість швидкого виходу з району розгортання при загрозі нападу противника;

- між майстернями залишати інтервали не менше 10 м, а між наметами і майстернями - не менше 15 м; при необхідності допускається встановлювати майстерні на відстані 1,5-2 м одна від другої, сполучаючи їх між собою перехідними містками, виготовленими з підручного матеріалу. Майстерні можуть розміщуватися впритул до намету 6x12 м у їх входів, при цьому між кузовом майстерні і наметом встановлюється брезентовий тамбур (з комплекту намету);

- майстерні, в яких виконуються роботи, які вимагають підвищеної чистоти (ремонт оптичних, електронно-оптичних, механічних приладів і тому подібне), розташовувати в місцях, найбільш захищених від вітру і пилу;

- електростанції встановлювати в центрі електричних навантажень;

- пальне і змащувальні матеріали розміщувати в укриттях на відстані не менше 50 м від найближчого намету (майстерні);

- запас боеприпасів розміщувати на окремому майданчику або в укритті на безпечній відстані від найближчого намету (майстерні).

Командний спостережний пункт (ЗППМ) розгортається в районі, що забезпечує зручність підтримки надійного зв'язку з підрозділами, управління ними на місці і в період висунення їх із займаного району розгортання.

Управління ротою (ЗППМ) в районі здійснюється, як правило, особистим спілкуванням, через посилюючі, рухомими і проводимими засобами зв'язку. Радіозасоби працюють тільки в режимі прийому, робота їх на передачу дозволяється тільки для оповіщення.

Пункт господарського постачання розгортаються поблизу джерел води в місцях, не протипоказаних в санітарно-епідемічному відношенні.

Ремонт ОВТ на ЗППМ проводиться відповідно до розпорядження старшого начальника по службі. Ремонт ОВТ організовується цілодобово, позмінно з максимальним використанням можливостей штатних і доданих сил і засобів.

Викладені основні положення з організації та порядку роботи збірних пунктів пошкоджених машин в підрозділах Державної спеціальної служби транспорту рекомендуються як основа при розробці методичних вказівок командирам підрозділів для практичного застосування при виконанні спеціальних дій.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

12. Збірник матеріалів досвіду бойових (спеціальних) дій у підрозділах Сил оборони України під час російсько-української війни. Київ : Вид-во «Адміністрація ДССТ», 2022, 20 с.
13. Збірник №3 матеріалів вивчення бойових (спеціальних) дій у Державній спеціальній службі транспорту під час російсько-української війни. Київ : Вид-во «Адміністрація ДССТ», 2023, 36 с.
14. Збірник №4 матеріалів вивчення бойових (спеціальних) дій у Державній спеціальній службі транспорту під час російсько-української війни. Київ: Вид-во «Адміністрація ДССТ», 2023, 21 с.

**GENERALIZATION OF THE BASIC PROVISIONS ON THE  
ORGANIZATION AND PROCEDURE OF THE DEPLOYMENT BY  
SUBDIVISIONS OF THE STATE SPECIAL TRANSPORT SERVICE OF THE  
ASSEMBLY POINTS OF DAMAGED VEHICLES DURING THE  
RESTORATION OF THE TRANSPORTATION INFRASTRUCTURE**

M.V. BORENKO<sup>1,\*2</sup>, I.E. KRAMAR<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup>Caf. "Military Training", Ukrainian State University of Science and Technology, str. Lazaryana, 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail bmw1961@ukr.net, ORCID 0000-0001-9578-3906

<sup>2</sup>Caf. "Military Training", Ukrainian State University of Science and Technology, str. Lazaryana, 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail mail i.y.kramar@ust.edu.ua, ORCID 0000-0001-5913-2671

**Abstract:** The main goal is to generalize the main provisions on the organization and order of deployment by units of the State Special Transport Service of collection points for damaged vehicles during the restoration of the transport infrastructure of the state for the collection (concentration) of damaged samples of weapons and military equipment and the deployment, if necessary, of repair and restoration (repair) bodies.

**Keywords:** assembly point for damaged cars; repair and restoration company; means of engineering weapons; railway, automobile equipment; material and technical property.

## REFERENCES

11. Collection of materials on combat (special) operations experience in units of the Ukrainian Defense Forces during the Russian-Ukrainian war. Kyiv: "DSS Administration" Publishing, 2022, 20 pages.
12. Collection No. 3 of materials on the study of combat (special) operations in the State Special Transport Service during the Russian-Ukrainian war. Kyiv: "DSS Administration" Publishing, 2023, 36 pages.
13. Collection No. 4 of materials on the study of combat (special) operations in the State Special Transport Service during the Russian-Ukrainian war. Kyiv: "DSS Administration" Publishing, 2023, 21 pages.

УДК 357.3:355.415

## МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОЗБРОСНЯМ, ВІЙСЬКОВОЮ ТА СПЕЦІАЛЬНОЮ ТЕХНІКОЮ ЧАСТИН І ПІДРОЗДІЛІВ ДЕРЖСПЕЦТРАНССЛУЖБИ

А.М.БОРИСЕНКО <sup>1\*</sup>, І.М.ЩЕКА <sup>2\*</sup>, к.т.н, доц.

<sup>1\*</sup> Каф. «Військова підготовка», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (056) 793-19-09, e-mail: andrbor81@gmail.com, ORCID: 0000-0003-0363-3834

<sup>2\*</sup> Каф. «Військова підготовка», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (056) 793-19-09, e-mail: shcheka.ig@gmail.com, ORCID: 0000-0002-4608-3898

**Анотація.** Досліджено систему логістичного забезпечення частин і підрозділів Держспецтрансслужби. Зроблено опис підсистеми матеріально-технічного забезпечення озброєнням, військовою та спеціальною технікою системи логістичного забезпечення за допомогою моделей. Надані моделі процесу матеріально-технічного забезпечення підрозділів і частин Держспецтрансслужби дозволяють в подальшому провести аналіз потрібної чисельності озброєння, військової та спеціальної техніки для забезпечення заданого рівня виробничих можливостей, а також витрат, необхідних для здійснення логістичного забезпечення на певний період планування.

**Ключові слова:** логістичне забезпечення, опис системи, модель процесу забезпечення

### Постановка проблеми.

Логістичне забезпечення - комплекс заходів із: планування логістичного забезпечення; визначення потреб в озброєнні, бойовій (військовій та спеціальній) техніці, спеціальних і транспортних засобах (далі - озброєння, військова та спеціальна техніка- ОВСТ), матеріально-технічних засобах та послугах; проектування, розроблення (модернізація та модифікація) озброєння, військової та спеціальної техніки та матеріально-технічних засобів, їх закупівлі, постачання, зберігання, ремонту, технічного обслуговування, контролю експлуатації (використання); реалізації, списання та утилізації надлишкового озброєння, військової та спеціальної техніки і матеріально-технічних засобів; планування та здійснення військових перевезень усіма видами транспорту; закупівлі робіт і послуг лазне-прального та торговельно-побутового обслуговування; організації харчування; розквартирування військ (сил, органів); закупівлі або будівництва, технічного обслуговування, експлуатації об'єктів військової інфраструктури [1,2,3].

Заходи з логістичного забезпечення є складовою частиною всебічного забезпечення дій частин і підрозділів Держспецтрансслужби, так як за термінологією Бойових статутів ЗСУ включає заходи "матеріально-технічного забезпечення, тилового і технічного забезпечення" [4].

Логістичне забезпечення є найважливішою складовою комплексу заходів, спрямованих на підтримку готовності і здатності частин і підрозділів Держспецтрансслужби до виконання

завдань за призначенням. Залежно від повноти і якості виконання заходів з логістичного забезпечення залежить рівень виробничих можливостей частин і підрозділів. Тому важливою науковою і прикладною задачею є розробка інформаційних і математичних моделей для техніко - економічного аналізу та управління логістичним забезпеченням частин і підрозділів Держспецтрансслужби.

**Метою** є опис процесу логістичного забезпечення частин і підрозділів Держспецтрансслужби за допомогою моделей, які дозволяють в подальшому провести аналіз потрібної чисельності ОБСТ для забезпечення заданого рівня виробничих можливостей, а також витрат, необхідних для здійснення логістичного забезпечення на певний період планування.

### **Основні матеріали дослідження.**

З системи логістичного забезпечення відокремимо підсистему матеріально-технічного забезпечення за класом II яка включає в себе процес проектування, розроблення (модернізацію та модифікацію) ОБСТ та інших у матеріально-технічних засобів (далі – МтЗ) їх закупівлю, постачання, зберігання, ремонт, технічне обслуговування, контроль експлуатації (використання), реалізації, списання та утилізації надлишкового ОБСТ та МтЗ [1,3].

Розглянемо парк машин чисельністю  $N_i$ , що включає в себе  $m$  різних типів ОБСТ  $i = 1, m$ . Чисельність парку залежить від необхідності вирішення заданого обсягу завдань за призначенням. Кожен зразок ОБСТ характеризується тактико-технічними характеристиками, які визначають виробничі можливості підрозділу.

Будь- який зразок ОБСТ проходить такі стадії життєвого циклу:

$S_0$  – стан проектування, виробництва, транспортування до військової частини, підрозділу;

$S_1$  - справний (працездатний) стан при перебуванні його в режимі зберігання;

$S_2$ - несправний (непрацездатний) стан, що вимагає ремонту певного виду;

$S_3$ - справний (працездатний) стан, машина включена до річного плану експлуатації;

$S_4$ - справний (працездатний) стан, що вимагає доробки або модернізації для покращення тактико-технічних характеристик;

$S_5$ - несправний стан, що вимагає списання та подальшу утилізацію.

Стани ОБСТ що знаходиться у частинах і підрозділах, можуть мати такі несумісні стани:  $S_1, S_2, S_3, S_4, S_5$ .

Справний стан - це стан зразка ОБСТ, яке характеризується наявністю запасу технічного ресурсу і знаходженням всіх його технічних параметрів в встановлених допусках. Працездатний стан відрізняється від справного стану тим, що деякі параметри зразка ОБСТ, які не впливають на його функціонування, можуть не відповідати встановленим допускам. Найважливішим фактором, що визначає справність (працездатність) зразка ОБСТ є запас технічного ресурсу. У разі вироблення технічного ресурсу зразок ОБСТ вважається несправним і його експлуатація повинна бути припинена. Після чого зразок підлягає капітальному ремонту для відновлення технічного ресурсу, або списання та утилізації.

Ремонт ОБСТ, що має запас технічного ресурсу, проводиться в ремонтних підрозділах (частинах). Капітальний ремонт, пов'язаний з відновленням технічного ресурсу, здійснюється на підприємствах галузей національної економіки. Утилізація ОБСТ здійснюється в частинах (базах) або на підприємствах галузей національної економіки.

Доробки зразків ОВСТ з метою їх модернізації, спрямованої на підвищення їх тактико-технічних характеристик (надійності, експлуатаційної технологічності, економічної ефективності), здійснюються як у частинах, так і на ремонтних підприємствах галузей національної економіки, інших джерел.

Для переоснащення новою технікою здійснюється поставка нових зразків ОВСТ з галузей національної економіки.

Знаходження ОВСТ в певному стані вимагає витрат матеріальних і трудових ресурсів, які можуть бути виражені в єдиній вартісній шкалі витрат. Перехід ОВСТ з одного стану в інший здійснюється під дією певних управлінь.

Для опису процесу забезпечення використовуємо теорію марківських процесів з дискретним станом і неперервним часом, яка, з одного боку, досить адекватно описує реальний процес експлуатації ОВСТ, а, з іншого, її параметри досить просто можуть бути визначені за статистичними даними з частин та підрозділів [5]. Згідно даній теорії розглянемо ОВСТ як систему, яка може знаходитись у станах  $S_1, S_2, \dots, S_n$ . На практиці, як правило, переходи системи зі стану в стан відбуваються у випадковій моменту часу. переходи з одного стану ОВСТ в інший здійснюються з інтенсивностями, які залежать від впливу зовнішнього середовища і керуючих впливів з боку системи управління.

На рис. 1 представлена графічна модель процесу забезпечення з урахуванням можливих станів зразка ОВСТ.

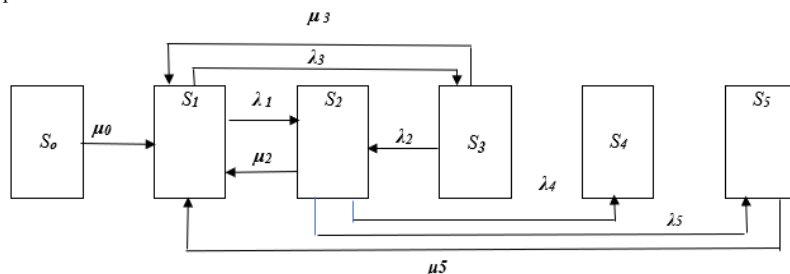


Рис. 1 - Граф можливих станів зразка ОВСТ

На графі позначені:  $\mu_0$  - інтенсивність надходження нової ОВСТ;  $\lambda_1$  - інтенсивність відмов ОВСТ, що знаходяться на зберіганні;  $\lambda_2$  - інтенсивність відмов ОВСТ, що знаходяться в стані готовності до застосування;  $\mu_2$  - інтенсивність відновлення ОВСТ засобами ремонту;  $\lambda_3$  - інтенсивність переходу ОВТ в стан експлуатації;  $\mu_3$  - інтенсивність переходу ОВСТ в стан зберігання;  $\lambda_4$  - інтенсивність відходу ОВСТ в утилізацію;  $\lambda_5$  - інтенсивність відходу ОВСТ на доопрацювання;  $\mu_5$  - інтенсивність надходження модернізованої ОВСТ.

Використовуючи граф станів (рис. 1) можна перейти до математичного моделювання процесу забезпечення ОВСТ, що дозволить провести аналіз системи забезпечення. Згідно з рис.1 система рівнянь для середніх значень визначеного типу ОВСТ має такий вигляд:

$$\frac{dn_1(t)}{dt} = -(\lambda_1 + \lambda_3) \cdot n_1(t) + \mu_2 \cdot n_2(t) + \mu_3 \cdot n_3(t) + \mu_5 \cdot n_5(t) + \mu_0(t); \quad (1)$$

$$n_1(0) = N_1;$$

$$\frac{dn_2(t)}{dt} = -(\mu_2 + \lambda_4 + \lambda_5) \cdot n_2(t) + \lambda_1 \cdot n_1(t) + \lambda_2 \cdot n_3(t);$$

$$n_2(0) = N_2;$$

$$\frac{dn_3(t)}{dt} = -(\mu_3 + \lambda_2) \cdot n_3(t) + \lambda_3 \cdot n_1(t);$$

$$n_3(0) = N_3;$$

$$\frac{dn_4(t)}{dt} = \lambda_4 \cdot n_2(t);$$

$$n_4(0) = N_4;$$

$$\frac{dn_5(t)}{dt} = -\mu_5 \cdot n_5(t) + \lambda_5 \cdot n_2(t);$$

$$n_5(0) = N_5;$$

$$n_1(t) + n_2(t) + n_3(t) + n_4(t) + n_5(t) = N(t).$$

Сумарна чисельність ОБСТ  $N(t)$  у різних станах, є змінною величиною, так як змінюються вхідний потік інтенсивності  $\mu_0$  постачання із зовнішнього джерела та інтенсивність відходу ОБСТ у утилізацію  $\lambda_4$ .  $N(t)$  може зростати, якщо інтенсивність закупівлі та модернізації ОБСТ буде вищою, ніж відхід на утилізацію, і збувати. Процес не має стаціонарного розподілу чисельності ОБСТ у різних станах. Це призводить до того, що при неузгодженості інтенсивності постачання та відходу в утилізацію процес забезпечення ОБСТ може прийняти вироджений характер, в результаті чого в поглинаючому стані  $S_4$  буде зосереджена вся чисельність ОБСТ. Тобто завдання постачання ОБСТ (не обов'язково нової) із зовнішніх джерел є першочерговою.

**Висновки.** Запропоновані графічна та математична моделі процесу матеріально-технічного забезпечення підрозділів і частин Держспецтрансслужби ОБСТ дозволяють в подальшому провести аналіз потрібної чисельності ОБСТ для забезпечення заданого рівня виробничих можливостей, а також витрат, необхідних для здійснення логістичного забезпечення на певний період планування дій.

### Список літератури

1. Порядок логістичного забезпечення сил оборони під час виконання завдань з оборони держави, захисту її суверенітету, територіальної та недоторканості, постанова КМУ від 27.12.2018 № 1208. Офіційний вісник України від 12.02.2019. № 12, стор. 16, стаття 401, код акта 93275/2019.
2. Доктрина Застосування сил логістики: затверджена начальником ГШ ЗС України 04.02.2021 року.
3. Доктрина забезпечення матеріально-технічними засобами, роботами та послугами: наказ Генерального штабу Збройних Сил України від 21.01.2021 року № 225.
4. Бойовий статут механізованих і танкових військ Сухопутних військ Збройних Сил України. Частина II (батальйон, рота). – К.: ПАЛИВОДА А. В., 2020. – 368 с.
5. Панченко Н.Г., Резуненко М.Є. Елементи дослідження операцій в управлінні процесами перевезень: Підручник. – Харків: УкрДУЗТ, 2015. – Ч. 2. – 314 с.

## **SIMULATION OF THE PROCESS OF PROVIDING WEAPONS, MILITARY AND SPECIAL TECHNIQUES TO PARTS AND SUBDIVISIONS OF THE STATE SPECIAL TRANSPORT SERVICE**

A.M. BORYSENKO <sup>1\*</sup>, I.M. SHCHEKA <sup>2\*</sup>, Ph.D., Assoc.

<sup>1\*</sup>Dep. «Military Training», Ukrainian State University of Science and Technology, st. Lazaryana, 2, 49010, Dnipropetrovsk, Ukraine, tel. +38 (056) 793-19-09, e-mail: andrbor81@gmail.com, ORCID: 0000-0003-0363-3834

<sup>2\*</sup> Dep. «Military Training», Ukrainian State University of Science and Technology, st. Lazaryana, 2, 49010, Dnipropetrovsk, Ukraine, tel. +38 (056) 793-19-09, e-mail: shcheka.ig@gmail.com, ORCID: 0000-0002-4608-3898

**Abstract:** The system of logistics provision of parts and components of the State Special Transport Service has been studied. A description of the logistics support subsystem for military, military and special equipment logistics support systems using additional models has been completed. Using the model for the process of material and technical security of parts and parts of the State Special Transport Service, it is possible to further analyze the required quantity of stock, military and special equipment to provide a given level additional resources, as well as expenses necessary for the implementation of logistical security for the next planning period.

*Keywords:* logistic support, system description, model of the support process

### REFERENCES

1. Poryadok lohystychnoho zabezpechennya syl oborony pid chas vykonannya zavdan' z oborony derzhavy, zakhystu yiyi suverenitetu, terytorial'noyi ta nedotorkanosti, postanova KМУ vid 27.12.2018 № 1208. Ofitsiynyy visnyk Ukrayiny vid 12.02.2019. № 12, stor. 16, stattiya 401, kod akta 93275/2019.
2. Doktryna Zastosuvannya syl lohistyky: zatverdzhena nachal'nykom HSH ZS Ukrayiny 04.02.2021 roku.
3. Doktryna zabezpechennya material'no-tekhnichnyimi zasobamy, robotamy ta posluhamy: nakaz General'noho shtabu Zbroynykh Syl Ukrayiny vid 21.01.2021 roku № 225.
4. Boyovyy statut mekhanizovanykh i tankovykh viys'k Sukhoputnykh viys'k Zbroynykh Syl Ukrayiny. Chastyna II (batal'yon, rota). – K.: PALYVODA A. V., 2020. – 368 s.
5. Panchenko N.H., Rezunenko M.YE. Elementy doslidzhennya operatsiy v upravlinni protsesamy perevezhen': Pidruchnyk. – Kharkiv: UkrDUZT, 2015. – CH. 2. – 314 s.

## ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ КАНАТНИХ ДОРІГ ЗА ПИТОМОЮ ПОТУЖНІСТЮ ПРИВОДУ

О. С. КУРОП'ЯТНИК<sup>1</sup>, О. Л. КРАСНОШОК<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Каф. «Прикладна механіка та матеріалознавство», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта kurouyatnick@gmail.com, ORCID 0000-0001-5581-3883

<sup>2\*</sup>Каф. «Прикладна механіка та матеріалознавство», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта akrasnoshchok1996@gmail.com, ORCID 0000-0002-0140-5179

**Анотація.** Основною метою дослідження є визначення критерію питомої потужності канатних доріг та порівняння за ним канатні доріг із самохідними вагонами та традиційної конструкції (кільцевого типу). Такі види канатних доріг мають принципово різний принцип руху вагонів. Визначені формули для розрахунку питомої потужності канатних доріг дозволяють оцінити енергоефективність транспортної системи. Використання формул обґрунтовано тим, що при визначенні енерговитрат, провисанням несучого канату можна нехтувати. Встановлено, що найбільший вплив на значення питомої потужності самохідного вагона має відстань між вагонами, також значно впливає кут підйому траси. Існує певна маса приводу самохідного вагона, при якій питома потужність буде завжди меншою від питомої потужності традиційної конструкції, а отже енергоефективність такої система із самохідними вагонами буде вище.

*Ключові слова:* канатна дорога; транспортні технології; енергоефективність; питома потужність, самохідний вагон, індивідуальний привід; альтернативний транспорт.

Серед існуючих видів альтернативного транспорту, для реалізації розвантаження існуючих автошляхів та покращення екології, особливе місце займає канатний транспорт. Під поняттям канатної дороги традиційного типу (з несамохідними вагонами) маємо на увазі канатні дороги кільцевого типу, з однаковим завантаженням вагонів та їх кількістю на обох напрямках руху. Передача зусилля від центрального приводу у канатних дорогах традиційної конструкції проходить через тяговий орган – тяговий канат, а власне конструкція вагонів спирається на несучий канат. На відміну від традиційної конструкції, у канатних дорогах із самохідними вагонами, індивідуальний привід використовує лише несучий канат, а переміщення вагонів характеризується самохідним принципом руху. Метою роботи є визначення критерію питомої потужності канатних доріг та порівняння за ним канатних доріг різних конструкцій (із самохідними вагонами, кільцевого типу). визначити найвпливовіші складові, що можуть впливати на коефіцієнт питомої потужності. Питома потужність – критерій, що дозволяє оцінити витрати енергії на транспортування одиниці кількості вантажу (за масою, об'ємом, кількістю пасажирів тощо). Критерій питомої потужності характеризує енергоефективність транспортної системи.

Питома потужність канатних доріг [2]:

$$p = \frac{P}{\Pi}, \quad (1)$$

де  $P$  – необхідна потужність приводу;  $\Pi$  – продуктивність канатної дороги.

$$P = W_{\text{ст}} v \quad (2)$$

де  $W_{\text{ст}}$  – загальний (статичний) опір руху вагона;  $v$  – швидкість руху вагона.

$$\Pi = \frac{m_{\text{вж}}}{\tau} = \frac{m_{\text{вж}} v}{\lambda}, \quad (3)$$

де  $m_{\text{вж}}$  – номінальна маса вантажу;  $\tau = \lambda/v$  – часовий інтервал між вагонами;  $\lambda$  – відстань між вагонами.

Підставляємо (2, 3) в (1) та отримуємо:

$$p = \frac{W_{\text{ст}} \lambda}{m_{\text{вж}}}. \quad (4)$$

**Загальний статичний опір пересування самохідного вагона.** Так як індивідуальні приводи самохідного вагона канатної дороги та механізму пересування вантажного візка козлового крана [4] конструктивно аналогічні та характеризуються самохідним принципом руху, при розрахунку енерговитрат формулу для визначення опору руху можна використовувати, за умов врахування особливостей шляху та відповідних коефіцієнтів.

Можливість використання формул для розрахунку забезпечується перевіркою енерговитрат від локального провисання, при русі вагонів вздовж кривої та прямої, яка з'єднує кінцеві станції.

На рис. 1 зображена параметрична схема визначення складових енерговитрат.

Енерговитрати під час руху за прямолінійною траєкторією:

$$E_0 = W_0 S_0 = mg S_0 (w \cos \beta_0 + \sin \beta_0), \quad (5)$$

де  $W_0$  – опір руху самохідного вагона;  $S_0$  – прямолінійна траєкторія;  $g$  – прискорення вільного падіння;  $w$  – коефіцієнт внутрішнього опору руху;  $m = m_{\text{в}} + m_{\text{тв}} + m_{\text{вж}}$  – сумарна маса вагону, приводу та вантажу.

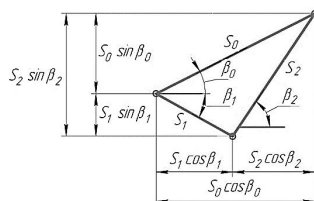


Рис. 1. Параметрична схема визначення складових енерговитрат при додаванні їх по контуру

Складові енерговитрат при локальному опусканні і підйманні:

$$E_1 = W_1 S_1 = mg S_1 (w \cos \beta_1 - \sin \beta_1); \quad (6)$$

$$E_2 = W_2 S_2 = mg S_2 (w \cos \beta_2 + \sin \beta_2). \quad (7)$$

Якщо порівняти енерговитрати, отримаємо:

$$\begin{aligned} & wS_0 \cos \beta_0 + S_0 \sin \beta_0 \vee wS_1 \cos \beta_1 - S_1 \sin \beta_1 + wS_2 \cos \beta_2 + S_2 \sin \beta_2 = \\ & = wS_0 \cos \beta_0 + S_0 \sin \beta_0 \vee w(S_1 \cos \beta_1 + S_2 \cos \beta_2) + (S_2 \sin \beta_2 - S_1 \cos \beta_1); \quad (8) \\ & = wS_0 \cos \beta_0 + S_0 \sin \beta_0 \vee wS_0 \cos \beta_0 + S_0 \sin \beta_0. \end{aligned}$$

З (8) видно, що енерговитрати під час руху за прямолінійною та ламаною траєкторіями однакові:  $E_0 = E_1 + E_2$ .

Отже, можемо стверджувати, що при визначенні енерговитрат, траєкторію руху вагонів можна вважати прямолінійним, що здійснюється вздовж лінії, яка з'єднає кінцеві станції, а провисанням несучого канату можна знехтувати.

Загальний статичний опір пересування:

$$W_{\text{ст}} = g(m_{\text{вж}} + \varepsilon m_{\text{в}})(w \cos \beta + \sin \beta) + F_{\text{в}} q k c n, \quad (9)$$

де  $\varepsilon$  – коефіцієнт для врахування ваги індивідуального приводу;  $m_{\text{в}}$  – вага самохідного вагона (без приводу);  $\beta$  – кут підйому траси самохідного вагона відносно горизонту;  $F_{\text{в}}$  – розрахункова площа самохідного вагона;  $q$  – динамічний тиск вітру;  $k$  – коефіцієнт, який враховує зміну динамічного тиску вітру по висоті;  $c$  – коефіцієнт аеродинамічної сили;  $n$  – коефіцієнт переважання.

$$w = \frac{fd + 2\mu}{D_{\text{к}}} k_{\text{р}}, \quad (10)$$

де  $f$  – коефіцієнт тертя в підшипниках коліс;  $d$  – діаметр цапфи для встановлення колеса;  $\mu$  – коефіцієнт тертя кочення колеса по канату;  $D_{\text{к}}$  – діаметр колеса;  $k_{\text{р}}$  – коефіцієнт, який враховує опір від тертя коліс по канату.

Обчислимо значення коефіцієнта внутрішнього опору руху самохідного вагона:  $w = 0,0065$ . Для розрахунку прийняті значення параметрів деталей приводу [5]:

$f = 0,015$  [5, табл. 100];  $\mu = 4 \cdot 10^{-4}$  [5, табл. 98];  $k_{\text{р}} = 1$  [5, табл. 97];  $d = 0,055$  м;  $D_{\text{к}} = 0,25$  м.

Значення коефіцієнта опору руху у канатних дорогах із самохідними вагонами співпадає із відповідним значенням коефіцієнта для традиційної конструкції [2].

Загальна формула питомої потужності самохідного вагона канатної дороги:

$$p = \lambda \left[ g \left( 1 + \frac{\varepsilon m_{\text{в}}}{m_{\text{вж}}} \right) (w \cos \beta + \sin \beta) + \frac{F_{\text{в}} q k c n}{m_{\text{вж}}} \right]. \quad (11)$$

**Визначення питомої потужності самохідного вагона.** Підставимо значення коефіцієнтів до (11) та визначимо критерії впливу на питому потужність самохідного вагона канатної дороги. Для розрахунку, приймаємо значення  $\varepsilon = 1,2$ ;  $F_{\text{в}} = 2,5 \times 2 \text{ м}^2$ ;  $q = 250$  Па [5, табл. 109];  $k = 1,55$  Па [5, табл. 110]; для вантажів  $c = 1,2$ ; при розрахунках за допустимими напруженнями [4]  $n = 1$ ;  $\lambda = 50$  м;  $m_{\text{в}} = 483$  кг;  $m_{\text{вж}} = 700$  кг;  $\beta = 0...30^\circ$ .

На рис. 2, а) зображена залежність питомої потужності самохідного вагона канатної дороги від кута нахилу підйому. При спуску – зображено на рис. 2, б)

Загальна формула питомої потужності при спуску:

$$p = \lambda \left[ g \left( 1 + \frac{\varepsilon m_{\text{в}}}{m_{\text{вж}}} \right) (w \cos \beta - \sin \beta) + \frac{F_{\text{в}} q k c n}{m_{\text{вж}}} \right]. \quad (12)$$

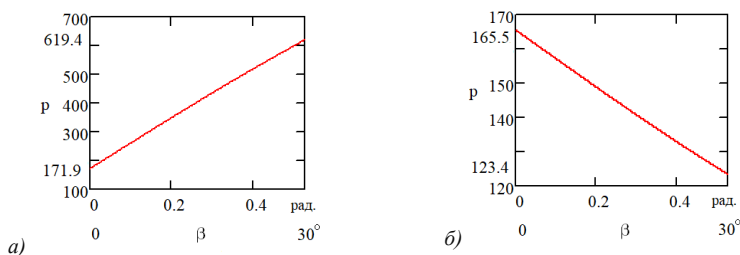


Рис. 2. Залежність питомої потужності самохідного вагона від кута нахилу: а) підйому; б) спуску

Аналізуючи (11, 12) та рис. 2 а), б), виходить, що найбільше на значення питомої потужності самохідного вагона прямо пропорційно впливає показник  $\lambda$ , він вказує на необхідність раціонального підбору відстані між вагонами. Друге за впливом на питому потужність є кут підйому траси (відображено на рис. 2). Варто зауважити, що при русі вагону на підйом, кут нахилу майже прямолінійно впливає на загальну питому потужність. А при спуску – навпаки, чим більше ухил, тим менше цей критерій. Як видно з (12), істотним є вплив коефіцієнту  $\varepsilon$ , який вказує на необхідність використання якомога меншої маси приводу. Отже, чим відстань між вагонами менша, з якомога меншою масою приводу, високим відношенням маси вагона до маси вантажу, а також чим меншим буде кут нахилу на підйом (або більшим на спуск) самохідного вагона, тим енергоефективність транспортної системи буде вищою за даним критерієм.

**Окружне зусилля канатної дороги традиційної конструкції.** Методику розрахунку тягових зусиль канатної дороги традиційного типу прийнято за аналогією з методикою розрахунку стрічкового конвеєра [3]. Тяговий розрахунок виконується, використовуючи метод обходу за контуром. До розрахунку приймається однакове завантаження вагонів та їх однакова кількість в обох напрямках руху.

Подальші розрахунки будемо проводити для канатних доріг традиційної конструкції за схемою, наведеною на рис. 4.

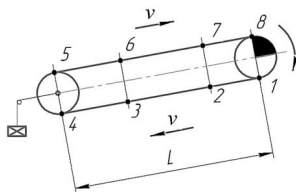


Рис. 4. Схема підвісної канатної дороги традиційного типу

Опір переміщенню канату на ділянці між точками 1 і 2:

$$W_{12} = ql_{12} (w \cos \beta_{12} - \sin \beta_{12}), \quad (13)$$

де  $q = q_k + \frac{m_B + m_{ВЖ}}{\lambda}$  – приведенне погонне навантаження [2];  $q_k$  – питома вага 1 м несучого канату.

Використовуючи метод обходу за контуром, визначимо натяг канату в точках 4, 5 (рис. 4) виражаючи їх через натяг  $T_1$ .

$$T_4 = T_1 + \sum_{1-4} w; \quad (14)$$

$$T_5 = kT_4. \quad (15)$$

де  $k$  – коефіцієнт, що враховує збільшення натягу канату під час огинання ним напрямного шківа ( $k = 1,05$  за кута огинання канатом привідного шківа  $\alpha = 180^\circ$  [1]).

Після виконання математичних перетворень, отримуємо вираз для окружного зусилля приводу канатної дороги

$$F_0 = \frac{\exp(f\alpha) - 1}{\exp(f\alpha) - k} \left( k \sum_{1-4} W + \sum_{5-8} W \right), \quad (16)$$

де  $f$  – коефіцієнт зчеплення канату з привідним шківом.

Величини опорів руху при опусканні, враховуючи вплив кута нахилу  $\beta$ . Так як при розрахунку схема прийнята з напрямком руху канату за годинниковою стрілкою, то кут  $\beta$  при опусканні буде приймати від'ємних значень відносно напрямку руху.

Сумарний опір

$$\sum_{5-8} w = \sum_{1-4} w = q[wL + H], \quad (17)$$

де  $L$  – повздовжня довжина траси;  $H$  – висота підйому.

Окружне зусилля канатної дороги традиційної конструкції

$$F_0 = gL \left( \frac{m_{ВЖ}}{\lambda} + \frac{m_{ВЛ}}{\lambda} + q_k \right) \frac{\exp(f\alpha) - 1}{\exp(f\alpha) - k} (1+k) [w + \text{tg}\beta]. \quad (18)$$

**Порівняння за питомою потужністю приводу.** При визначенні загальної формули питомої потужності для канатної дороги із самохідними вагонами, виходить що сила опору вітровому навантаженню за одним напрямком руху буде заважати руху, а при іншому – допомагати. Тому за умови використання  $n$  вагонів, умовно однакової кількості на підйом та спуск, а також рівного завантаження, маємо:

$$P_{\Sigma}^C = 2gL \left( 1 + \frac{\varepsilon m_B}{m_{ВЖ}} \right) [w + \text{tg}\beta]. \quad (19)$$

Загальна питома потужність канатної дороги традиційного типу:

$$P^T = gL \left( 1 + \frac{m_B}{m_{ВЖ}} + \frac{q_k \lambda}{m_{ВЖ}} \right) \frac{e^{f\alpha} - 1}{e^{f\alpha} - k} (1+k) [w + \text{tg}\beta]. \quad (20)$$

Порівняємо (20) із формулою питомої потужності визначеної раніше [2]

$$P_{[2]}^T = 2gL \left( 1 + \frac{m_B}{m_{ВЖ}} + \frac{q_k \lambda}{m_{ВЖ}} \right) [w + \text{tg}\beta]. \quad (21)$$

Отже, формула представлена в роботі [2], є окремим випадком для визначення питомої потужності за умови  $k = 1$ ; запропонована нами формула доповнює її, враховуючи додатково вплив коефіцієнту збільшення натягу канату під час огинання ним запрямого шківів, а також коефіцієнт зачеплення канату з проривним шківом.

Для розрахунку приймаємо орієнтовні значення, як і для розрахунку (11, 12), а також:  $q_k = 0,88 \text{ кг/м}$ ;  $k = 1,05$ ;  $\alpha = 180^\circ$ . Розглянемо як впливає кут нахилу траси на питому потужність приводів кожної з доріг та порівняємо їх (рис. 5). Орієнтовно приймаємо діапазон кутів нахилу траси  $\beta = 0 \dots 30^\circ$ . На рис. 5 зображені залежності питомої потужності від кута нахилу *a)* при підйомі; *б)* при спуску.

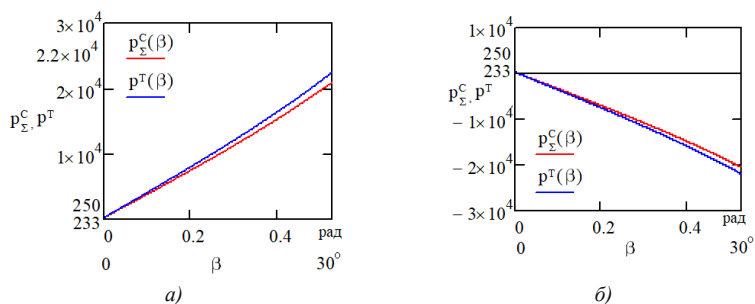


Рис. 5. Залежності питомої потужності із самохідними вагонами та традиційної конструкції від кута нахилу: *a)* підйому; *б)* спуску

Як видно з графіків, за прийнятими орієнтовними значеннями, на рис. 5, *a)*, питома потужність канатних доріг із самохідними вагонами нижче канатних доріг традиційної конструкції. При цьому, на спуск рис. 5, *б)*, канатна дорога із самохідними вагонами буде також витрачати менше енергії на транспортування, розсіювання енергії буде меншим (залежність ближче до осі абсцис), а це означає що енергоефективність транспортної системи буде вищою.

Розглянемо як впливає значення коефіцієнта врахування маси індивідуального приводу при порівнянні питомої потужності. Представлені графіки відображають залежність зміни питомої потужності приводів від зміни значення  $\varepsilon$  рис. 6: *a)* при  $\beta = 0^\circ$ , а також при *б)*  $\beta = 30^\circ$ .

З отриманих графіків рис. 6 видно, що значення кута нахилу не впливає на значення коефіцієнта врахування маси індивідуального приводу. Також існує певне значення  $\varepsilon_{кр}$ , при якому питома потужність приводу канатних доріг із самохідними вагонами буде меншою від питомої потужності приводу канатних доріг традиційної конструкції. Для порівняння питомої потужності приводу канатної дороги із самохідними вагонами з питомою потужністю канатної дороги традиційного типу розглянемо для різних комбінацій значень маси вагона та вантажу, як буде змінюватись відношення питомої потужності канатних доріг обох видів, і за значень яких  $\varepsilon$ , буде більше енергоефективною та чи інша дорога.

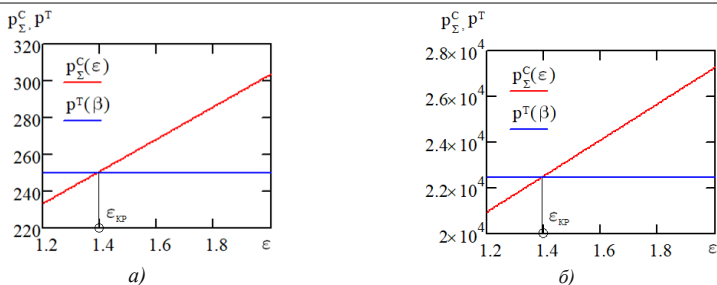


Рис. 6. Залежність питомої потужності із самохідними вагонами та традиційної конструкції від значень  $\varepsilon$ : а) при  $\beta = 0^\circ$ ; б)  $\beta = 30^\circ$

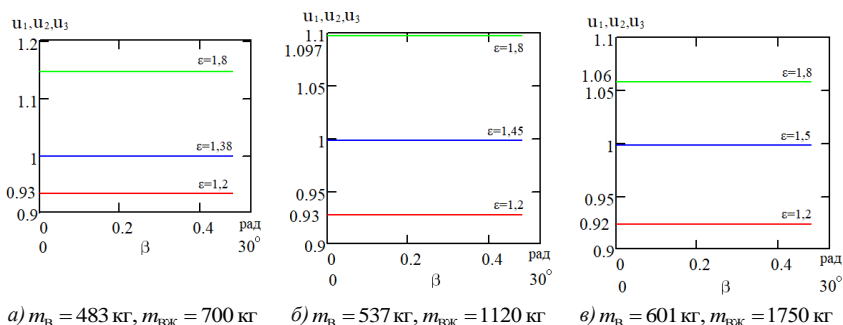


Рис. 7. Залежність відношення питомої потужності канатних доріг із самохідними вагонами до традиційної конструкції для різних значень маси вагона та номінального вантажу

На рис. 7 прийнято позначення ( $i = 1, 2, 3$ ):

$$u_i = \frac{P_{\Sigma}^C}{P^T}. \quad (22)$$

Якщо значення  $u_i = 1$ , питомі потужності канатних доріг рівні. Якщо  $u_i < 1$ , питома потужність канатної дороги із самохідними вагонами нижче від традиційної конструкції. Якщо  $u_i > 1$ , то перевагу матиме традиційна конструкція за питомою потужністю.

Аналізуючи залежності на рис. 7, можна прийти до висновку, що для кожної комбінації мас  $m_B$  та  $m_{ВЖ}$  існує певна маса приводу самохідного вагона, при якій питома потужність буде завжди меншою від значення питомої потужності традиційної конструкції, а отже, енергоефективність такої системи із самохідними вагонами буде вищою.

**Висновки:** Отримано формули для визначення питомої потужності для самохідного вагона, канатної дороги з самохідними вагонами та канатної дороги традиційної конструкції. Також визначено вплив різних факторів на загальні питомі потужності канатних доріг обох типів. В ході дослідження було встановлено:

1) при визначенні енерговитрат, траєкторію руху вагонів можна вважати прямолінійним, що здійснюється вздовж лінії, яка з'єднує кінцеві станції, а провисанням несучого канату можна знехтувати;

2) найбільший вплив на значення питомої потужності самохідного вагона має відстань між вагонами (залежність лінійна прямо пропорційна); також значно впливає кут підйому траси;

3) за орієнтовних значень, питома потужність канатних доріг із самохідними вагонами нижче питомої потужності канатних доріг традиційної конструкції; при цьому, на спуск канатна дорога із самохідними вагонами також буде витратити менше енергії на транспортування, а це означає, що енергоефективність транспортної системи буде вищою;

4) для кожної комбінації мас вагона та вантажу існує певна маса приводу самохідного вагона, при якій питома потужність буде завжди меншою від питомої потужності традиційної конструкції, а отже енергоефективність такої система із самохідними вагонами буде вище; ця маса буде залежати від маси транспортованого вантажу та обмежуватися критичним значенням коефіцієнта врахування маси індивідуального приводу.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Куроп'ятник О. С. *Параметрична оптимізація стрічкових конвеєрів за критерієм енергоефективності*. Наука та прогрес транспорту. 2021. № 3 (93). С.50–58. DOI: 10.15802/stp2021/242036.

2. Куроп'ятник О. С. *Обґрунтування шляхів підвищення енергоефективності канатних доріг*. Modern methods, innovations, and experience of practical application in the field of technical sciences: Conference proceedings. [Текст] / О. С. Куроп'ятник. – Radom, 2017. Рр. 159–162.

3. Ракша С. В. *Обґрунтування способів зниження енергоспоживання підвісних канатних доріг* / С. В. Ракша, О. С. Куроп'ятник, А. О. Курка // Наука та прогрес транспорту. – 2014. – № 1 (49). – С. 125–131. doi: 10.15802/stp2014/22677

4. Ракша С. В. *Розрахунки механізмів козлових кранів*: Методичні вказівки до курсового та дипломного проектування / Дніпропетр. нац. ун-г залізн. трансп. Укл.: С. В. Ракша. – Д., 2005. 46 с.

5. Ракша С. В. *Довідник до розрахунків механізмів вантажопідйомних кранів: Навчальний посібник* / С.В. Ракша.- Д.: Вид-во Дніпропетр. націон. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2005.- 131 с.

#### COMPARATIVE ANALYSIS OF THE ENERGY EFFICIENCY OF CABLEWAYS BY SURFACE POWER DENSITY DRIVE

O. S. KUROIATNYK<sup>1</sup>, O. L. KRASNOSHCHOK<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Dep. «Applied mechanics and materials science», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail kuropyatnick@gmail.com, ORCID 0000-0001-5581-3883

<sup>2\*</sup>Dep. «Applied mechanics and materials science », Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail akrasnoshchok1996@gmail.com, ORCID 0000-0002-0140-5179

**Abstract:** The main purpose of the study is to determine the criterion of the efficiency of cableways by surface power density drive and to compare cableways with self-propelled wagons and traditional construction (ring type) according to it. These types of cableways have a fundamentally different principle of carriage movement. The determined formulas for calculating the surface power density of cableways allow estimate the energy efficiency of the transport system. The use of formulas is justified by the fact that when determining energy consumption, the slack of the supporting rope

can be neglected. It was established that the distance between the wagons has the greatest influence on the value of the surface power density of a self-propelled wagon. The angle of elevation of the track also has a significant effect. There is a certain mass of the drive of a self-propelled wagon, at which the surface power density will always be less than the surface power density of a traditional design, and therefore the energy efficiency of such a system with self-propelled wagons will be higher.

*Keywords:* cableway; transport technology; energy efficiency; surface power density; self-propelled wagon, individual drive; alternative transport.

## REFERENCES

1. Kuropiatnyk, O. S. (2021). *Parametric Optimization of Belt Conveyors by Energy Efficiency Criterion*. Science and Transport Progress, (3(93), 50–58. <https://doi.org/10.15802/stp2021/242036> (in Ukrainian)..
2. Kuropiatnyk, O. S. (2017) *Justification of ways to increase the energy efficiency of cable cars*] Modern methods, innovations, and experience of practical application in the field of technical sciences: Conference proceedings. – Radom. Pp. 159–162 (in Ukrainian).
3. Raksha, S. V., Kuropyatnik, A. S., & Kurka, A. A. (2014). *Substantiation of ways of decrease in power consumption of ropeways*. Science and Transport Progress, (1(49), 125–131. <https://doi.org/10.15802/stp2014/22677> (in Ukrainian)..
4. Raksha, S. V. (2005) *Calculation of mechanisms of gantry cranes: Methodical instructions for course and diploma design* / Dnipropetrovsk national University of Railway transp – Dnipro (in Ukrainian).
5. Raksha, S. V. (2005) *Guide to calculations of crane mechanisms: Training manual.* / Dnipropetrovsk national University of Railway transp – Dnipro (in Ukrainian).

УДК 621.436:621.433

## МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ РЕМОНТНО-ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ПІДРОЗДІЛІВ ЩОДО РЕМОНТУ ТА ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ТЕХНІКИ ТА ЗАСОБІВ ІНЖЕНЕРНОГО ОЗБРОЄННЯ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ ЗАВДАНЬ ЗА ПРИЗНАЧЕННЯМ

М. В. БОРЕНКО<sup>1\*</sup>, І.Є.КРАМАР<sup>2</sup>, І.А.КУЧЕРУК<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup>Каф. «Військової підготовки», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта [bmw1961@ukr.net](mailto:bmw1961@ukr.net), ORCID 0000-0001-9578-3906

<sup>2</sup>Каф. «Військової підготовки», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта [i.y.kramar@ust.edu.ua](mailto:i.y.kramar@ust.edu.ua), ORCID 0000-0001-5913-2671

<sup>3</sup>Каф. «Військової підготовки», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010.

Анотація. Основною метою є проведення оцінювання можливостей ремонтно-відновлювальних підрозділів щодо ремонту та технічного обслуговування залізничної техніки та засобів інженерного озброєння під час виконання завдань за

призначенням з метою своєчасного внесення змін в планування, які будуть відповідати реальним умовам виконання цих завдань.

*Ключові слова:* виробничі можливості; технічне обслуговування; ремонт; ремонтно-відновлювальний підрозділ; ремонтні засоби; засоби інженерне озброєння; залізнична техніка; трудовитрати.

Готовність підрозділів Держспецтрансслужби, ефективність їх застосування за призначенням вирішальною (значною) мірою залежить від рівня визначення потреб в озброєнні, бойовій (військовій та спеціальній) техніці, спеціальних і транспортних засобах (ОВТ), їх закупівлі, постачанні, зберіганні, ремонті, технічному обслуговуванні та контролі експлуатації (логістичного забезпечення).

Спеціальні дії (відновлення об'єктів транспортної інфраструктури), які виконуються під час війни України проти РФ, переконливо свідчать, що у питаннях логістичного забезпечення підрозділів відмічається стійка тенденція до зміни пріоритетності різних заходів порівняно з класичними підходами.

У зв'язку з великими просторовими показниками та особливостями підготовки і веденням відновлювальних робіт порівняно із звичайними умовами збільшуються обсяги основних завдань пов'язаних з технічним обслуговуванням та відновленням техніки, час на виконання яких значно перевищує необхідний. Для усунення такої невідповідності потрібно передбачати значне підсилення у силах і засобах, їх раціональний розподіл, вибір ефективних способів виконання поставлених завдань, що сприятиме повній реалізації можливостей сил і засобів підрозділів технічного обслуговування та ремонту. Нехтування завданнями і заходами логістичного забезпечення завжди призводить до великих втрат озброєння та військової техніки, засобів інженерного озброєння, матеріально-технічних засобів.

Саме від своєчасного відновлення пошкоджених зразків залізничної техніки та засобів інженерного озброєння (ЗТ та ЗІО) залежить рівень готовності військових частин, які виконують завдання за призначенням.

Для своєчасної та якісної організації виконання завдань технічного обслуговування та ремонту дуже важливими є вміння командирів (начальників) усіх рівнів оцінювання можливостей ремонтно-відновлювальних підрозділів щодо ремонту та технічного обслуговування ЗТ та ЗІО під час виконання завдань за призначенням. Під час визначення можливостей щодо ТО та ремонту ЗТ та ЗІО розраховують виробничі можливості сил і засобів ремонтно-відновлювальних підрозділів військової частини з ремонту та ТО № 1 і № 2. Виробничу потужність ремонтних засобів ЗТ та ЗІО з ремонту  $P_{рем}$  та технічного обслуговування  $P_{ТО}$  визначають за формулами:

$$P_{рем} = \frac{n_{фt}K_{рем}}{H_{рем}}; \quad P_{ТО} = \frac{n_{фt}K_{ТО}}{H_{ТО}}$$

де  $n_{ф}$  - кількість фахівців у МТО-СДМ, ПРМА-2М, ПММ-3М;

$t$  - час роботи фахівців, год;

$K_{рем}$  - коефіцієнт використання фахівців під час проведенні ремонту  $K_{рем} = 1$ ;

$H_{рем}$  - середня трудомісткість ремонту, люд.-год на зразок;

$K_{ТО}$  - коефіцієнт використання фахівців під час проведення ТО ( $K_{ТО-1} = 0,15$ ,  $-K_{ТО-2} = 0,3$ ;

$N_{\text{ТО}}$ - середня трудомісткість ТО, люд.-год на зразок.

Для загальних розрахунків беруть такі значення трудомісткості:

ТО -8- 12 люд.-год на зразок;

ТО- 24- 36 люд.-год на зразок;

Поточний ремонт (ПР) - 40-50 люд.-год на зразок.

Під час підготовки до відновлення (пересування) пересувні засоби ремонту та ТО виконуватимуть роботи як з ТО, так і ПР. При цьому виробничу потужність ремонтних засобів вигідніше оцінювати за фондом робочого часу всіх фахівців-ремонтників  $\Phi_{\text{р.ч}}$ , а саме:

$$\Phi_{\text{р.ч}} = n_{\text{ф}} t$$

Загальні трудовитрати на ремонт та технічне обслуговування  $T_{\text{заг}}$ - розраховують за формулою:

$$T_{\text{заг}} = \sum T_{\text{рем}} + \sum T_{\text{ТО}},$$

де  $\sum T_{\text{рем}}$ - сумарні трудовитрати на ремонт, люд.-год на зразок;

$\sum T_{\text{ТО}}$ - сумарні трудовитрати на ТО, люд.- год на зразок.

Сумарні трудовитрати на ремонт визначають за формулою:

$$\sum T_{\text{рем}} = N_{\text{рем}} T_{\text{рем}}.$$

Сумарні трудовитрати на технічне обслуговування визначають за формулою

$$\sum T_{\text{ТО}} = T_{\text{ТО-1}} N_{\text{ТО-1}} K_{\text{ТО-1}} + T_{\text{ТО-2}} N_{\text{ТО-2}} K_{\text{ТО-2}},$$

де  $T_{\text{ТО-1}}$ ,  $T_{\text{ТО-2}}$  - трудомісткість ТО-1, ТО-2 (для кожної марки машин) відповідно, люд.-год на зразок;

$N_{\text{ТО-1}}$ ,  $N_{\text{ТО-2}}$  - кількість зразків ЗТ та ЗІО, які потребують ТО-1, ТО-2, відповідно.

Виробничі можливості ремонтних засобів щодо виконання поточних ремонтів  $W_{\text{ПР}}$  визначають за формулою

$$W_{\text{ПР}} = \left( \frac{N_{\text{с(РЕМ.В)}} t n}{H_{\text{ПР (РЕМ.В)}}} \right) K_{\text{п}}$$

де  $N_{\text{с(РЕМ.В)}}$ - кількість спеціалістів у ремонтному взводі;

$n$ - кількість рухомих ремонтних майстерень;

$H_{\text{ПР (РЕМ.В)}}$  - оптимальна трудомісткість ПР, який виконують на одному місці

$K_{\text{п}}$ - коефіцієнт, який урахує зниження виробничих потужностей майстерень у ході відновлення (зазвичай до 30%).

Оволодіння методикою оцінювання можливостей ремонтно-відновлювальних підрозділів щодо ремонту та технічного обслуговування ЗТ та ЗІО під час виконання завдань за призначенням дає можливість командирам ремонтно-відновлювальних підрозділів планувати реальні терміни ремонту та технічного обслуговування ЗТ та ЗІО, що робить можливим здійснювати відновлення об'єктів транспортної інфраструктури у визначені терміни.

Процес оцінювання ремонтно-відновлювальних підрозділів у сфері ремонту та технічного обслуговування може бути важливим для забезпечення ефективності і надійності обладнання. Розглянемо деякі ключові кроки для такого оцінювання:

**Аналіз професійної підготовки:** оцінити кваліфікації та навички персоналу, зокрема механіків та техніків; перевірити, чи є у них актуальні сертифікати та дипломи.

**Оцінка інфраструктури:** перевірити доступність та стан обладнання та інструментів для ремонту; з'ясувати, чи існують відділення для робіт з ремонту різного роду техніки.

**Аналіз процесів та процедур:** вивчити існуючі процеси ремонту та технічного обслуговування; переконатися, що є чіткі та ефективні процедури для діагностики та виправлення поломок.

**Оцінка часу реакції:** визначте час, який потрібен для відгуку на заявки про ремонт; переконатися, що існують системи пріоретизації відповідно до важливості ремонтів.

**Контроль якості:** перевірити наявність системи контролю якості під час виконання ремонтних робіт; визначити процедури перевірки відновленого обладнання перед поверненням замовнику.

**Запасні частини та матеріали:** оцінити наявність та керування запасними частинами; переконатися, що використовуються оригінальні чи відповідні за якістю запасні частини.

**Відгуки та рекомендації:** зібрати відгуки від підрозділів Держспецтрансслужби; запитати про рекомендації щодо можливих поліпшень.

Це лише загальний підхід. Конкретні деталі можуть варіюватися в залежності від характеру об'єктів обслуговування.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

15. Корнієв М. М. *Сталеві мости* : теоретичний та практичний посібник з проектування. Київ : Вид-во «Ультрадрук», 2018. Т. 3. 542 с.
16. Бондаренко, І. О. Надійність залізничної колії [Текст]: навч. посіб. / І. О. Бондаренко, О. М. Баль. – К.: Проф Книга, 2018. – 158 с.
17. Чабанний В. Я. Ремонт автомобілів: Навчальний посібник/ - Кіровоград: Центрально-Українське видавництво, 2007. - 348 с.
18. Gransberg, D.D., C. M. Popescu and R.C. Ryan, *Construction Equipment Management for Engineers, Estimators, and Construction Managers*, Taylor and Francis Books, 2006, 544 pages.
19. Krul Y., Kaplin R., Delyavsky M. Rationalization of the parameters of composite reinforced concrete superstructures under conditions of multi-criterion. AIP Conference Proceedings 2077. 2019. P. 020027-1–020027-7. DOI: <https://doi.org/10.1063/1.5091892>

УДК 621.436:621.433

#### ASSESSMENT METHODOLOGY FOR REPAIR AND MAINTENANCE CAPABILITIES OF REPAIR AND REFURBISHMENT UNITS REGARDING THE MAINTENANCE AND TECHNICAL SERVICING OF RAIL WAY EQUIPMENT AND ENGINEERING ASSETS DURING THE EXECUTION OF DESIGNATED TASK

M.V. BORENKO<sup>1\*</sup>, I.E. KRAMAR<sup>2</sup>, I.A. KUCHERUK<sup>3</sup>

1\* Department of Military Training, Ukrainian State University of Science and Technology, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, Email: [bmw1961@ukr.net](mailto:bmw1961@ukr.net), ORCID 0000-0001-9578-3906

2 Department of Military Training, Ukrainian State University of Science and Technology, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, Email: [i.y.kramar@ust.edu.ua](mailto:i.y.kramar@ust.edu.ua), ORCID 0000-0001-5913-2671

3 Department of Military Training, Ukrainian State University of Science and Technology, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010.

**Abstract.** The main objective is to conduct an assessment of the repair and restoration units' capabilities in repairing and providing technical maintenance for railway equipment and engineering weapons during the execution of task, with the purpose of timely adjustments to planning that correspond to the real conditions of task completion.

**Keywords:** production capabilities; technical maintenance; repair; repair and restoration unit; repair tools; engineering weapons; railway equipment; labor costs.

#### REFERENCES

1. Korniev, M. M. Steel Bridges: Theoretical and Practical Guide to Design. Kyiv: "Ultradruk" Publishing, 2018. Vol. 3. 542 p.
2. Bondarenko, I. O. Reliability of Railway Track [Text]: Educational Manual / I. O. Bondarenko, O. M. Bal. – Kyiv: Prof Knyha, 2018. – 158 p.
3. Gransberg, D.D., C. M. Popescu, and R.C. Ryan. Construction Equipment Management for Engineers, Estimators, and Construction Managers. Taylor and Francis Books, Inc., ISBN 0-8493-4037-3; 2006, 544 pages.
4. Gransberg, D.D., C. M. Popescu, and R.C. Ryan. Construction Equipment Management for Engineers, Estimators, and Construction Managers. Taylor and Francis Books, 2006, 544 pages.
5. Krul Y., Kaplin R., Delyavsky M. Rationalization of the Parameters of Composite Reinforced Concrete Superstructures under Conditions of Multi-Criterion. AIP Conference Proceedings 2077. 2019.

УДК 621.867.522.2

### ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПРОЕКТНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ ВІБРАЦІЙНОГО КОНВЕЄРУ НА ЙОГО ТЕХНІЧНІ ПАРАМЕТРИ

В. М. БОГОМАЗ<sup>1\*</sup>, М. В. БОРЕНКО<sup>2</sup>, ПЕТРУНЬКО В.О.<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup>Каф. «Військової підготовки спеціалістів Держспецтрансслужби», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта [wbogomas@i.ua](mailto:wbogomas@i.ua), ORCID 0000-0001-5913-2671

<sup>2</sup>Каф. «Військової підготовки спеціалістів Держспецтрансслужби», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта [bmw1961@ukr.net](mailto:bmw1961@ukr.net), ORCID 0000-0001-9578-3906

<sup>3</sup>Каф. «Військової підготовки спеціалістів Держспецтрансслужби», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта [petrunyko3@gmail.com](mailto:petrunyko3@gmail.com), ORCID 0009-0000-6463-8060

**Анотація.** В роботі розглянуто двотрубний вібраційний конвеєр є урівноваженою двохмасною коливальною системою з нижньою та верхньою вантажонесучими трубами, який призначений для транспортування вантажів з агресивними властивостями. Основними технічними параметрами таких конвеєрів є потужність ексцентрикового приводу на нижній трубі та внутрішній діаметр вантажонесучих труб. Для визначення необхідної потужності приводу конвеєрів подібної конструкції необхідно провести детальний розрахунок багатьох технічних параметрів. В роботі для двотрубного вібраційного конвеєра побудовано параметричну залежність значення величини потужності приводу від його проектної

продуктивності при заданих типі та фізико-механічних властивостях вантажу, довжині транспортування. Для конкретного прикладу конвеєру проведено графічний аналіз залежності потужності приводу та внутрішнього діаметру труб від проектної продуктивності.

*Ключові слова:* вібраційний конвеєр, продуктивність, привід, потужність

**Вступ та мета.** Вібраційні конвеєри відносяться до групи коливальних конвеєрів без гнучкового тягового органу. Вони застосовуються для транспортування насипних та, рідше, штучних вантажів в горизонтальному та похилому напрямках при невеликих відстанях переміщення та продуктивності. Раціональною областю застосування хитних конвеєрів є герметичне транспортування пилячих, гарячих, отруйних, хімічно агресивних насипних вантажів в умовах повної ізоляції від навколишнього середовища.

Двотрубний вібраційний конвеєр є урівноваженою двохмасною коливальною системою з нижньою та верхньою вантажонесучими трубами, які рухаються зворотно-поступально, паралельно один одному із зрушенням фаз на  $180^\circ$ . Цим забезпечується зрівноваження рухомих мас. Вантаж, що транспортується, переміщується по верхній і нижній трубах в одному напрямі. Конструкція двотрубного зрівноваженого вібраційного конвеєра з ексцентриковим приводом на нижній трубі зображена на рис. 1. Труби шарнірно підвішені до коромислів, які установлені на кронштейнах, прикріплених до рами. З'єднання коромисла з трубами і з опорним кронштейном виконано за допомогою гумометалевих втулок. Крім того, труби з'єднані між собою пластинчастими ресорами (або гумометалевими пакетами) з жорстким закріпленням. Транспортування матеріалу по трубах дає змогу ізолювати його від зовнішнього середовища.

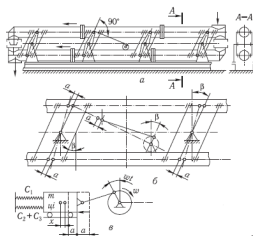


Рис. 1. Двотрубний зрівноважений вібраційний конвеєр:

а – схема конвеєра; б – схема приводу; в – розрахункова схема

Метою роботи є дослідження впливу проектної продуктивності на параметри приводу та геометричні розміри вібраційного конвеєру, зокрема потужність та діаметр труби, побудова аналітичних та графічних залежностей величини потужності приводу та діаметру труби вібраційних конвеєрів від продуктивності.

**Методика.** Основними проектними параметрами коливальних конвеєрів є: продуктивність  $\Pi$ , т/год; довжина транспортування  $L$ , м; транспортований вантаж та його щільність  $\rho$ , т/м<sup>3</sup>; максимальна крупність кусків вантажу  $a_{\max}$ , мм.

Для визначення необхідної потужності приводу вібраційних конвеєрів необхідно провести детальний розрахунок, який включає: кутову швидкість конвеєра, частоту обертання ексцентрикового валу, швидкості транспортування матеріалу, внутрішнього діаметру труби,

загальної маси коливальної системи, жорсткості пружної системи та параметрів ресор, зусиль в шатуні при зарезонансному режимі роботи та у початковий період пуску. Методика проведення таких розрахунків детально описана в літературі, зокрема у роботах [1-4].

Використовуючи алгебраїчні перетворення відомих залежностей [1], маємо залежність для визначення внутрішнього діаметру труби:

$$d = \sqrt{\frac{\Pi}{7200\pi k_1 A \sqrt{\frac{g \cdot \Gamma \cdot \cos \beta}{A \sin \beta_1}} \cos \beta_1 \sqrt{1 - \frac{1}{\Gamma^2} \rho \Psi}}}. \quad (1)$$

Потужність електродвигуна з підвищеним пусковим моментом визначається: для конвеєрів  $L \leq 10$  м:

$$P = \frac{c_T \Pi}{1000 \eta} \left( k_3 L + \frac{H}{0,367} \right); \quad (2)$$

для конвеєрів  $L > 10$  м:

$$P = \frac{c_T \Pi}{1000 \eta} \left( 10 k_3 + (L - 10) k_4 + \frac{H}{0,367} \right), \quad (3)$$

де  $c_T$  – коефіцієнт транспортабельності:  $c_T = 1$  – для зернистих і кускових вантажів (наприклад, піску, вугілля, шлаку, збіжжя);  $1,5 \dots 2,0$  – для порошко- і пилоподібних насипних вантажів (цементу, апатиту, недогарків);

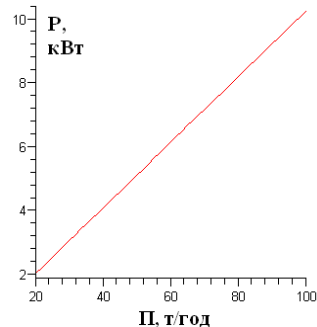
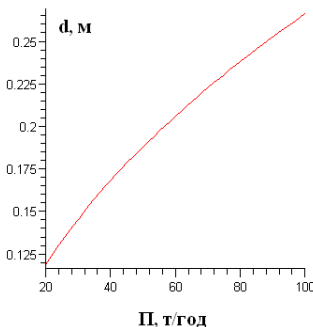
$\eta = 0,85 \dots 0,97$  – ККД привідного механізму;

$k_3 = 4,5$  та  $k_4 = 3,5$  – коефіцієнти питомої витрати потужності на транспортування 1 т вантажу на відстань 1 м (табл. 3.4 [1]);

$H$  – висота підняття вантажу, м.

**Результати та їх обговорення.** Для проведення графічного аналізу вихідними даними для розрахунку приймаємо наступні: продуктивність  $\Pi = 20 \dots 100$  т/год; довжина транспортування  $L = 10 \dots 30$  м; транспортований вантаж – свинцевий агломерат (щільність  $\rho = 2$  т/м<sup>3</sup>); максимальна крупність кусків вантажу  $a_{\max} = 100$  мм.

Для побудови графічних залежностей використовувалась система аналітичних розрахунків Maple. Графічна залежність діаметру труби від величини продуктивності конвеєру  $\Pi = 20 \dots 100$  т/год зображена на рис. 2а. Графічна залежність потужності приводу двотрубного вібраційного конвеєру від продуктивності при  $L > 10$  м зображена на рис. 2б.



а

б

Рис. 2. Графічні залежності величин від значення продуктивності конвеєру

$$P = 20 \dots 100 \text{ т/год.}$$

а - діаметру труби; б - потужності приводу конвеєру при  $L = 25 \text{ м}$ 

**Висновки.** Вібраційні конвеєри призначені для герметичного транспортування вантажів з агресивними властивостями. Основними технічними параметрами таких конвеєрів є потужність приводу та внутрішній діаметр труби. Для визначення необхідної потужності приводу вібраційних конвеєрів необхідно провести детальний розрахунок, який включає: кутову швидкість конвеєра, частоту обертання ексцентрикового валу, швидкості транспортування матеріалу, внутрішнього діаметру труби, загальної маси коливальної системи, жорсткості пружної системи та параметрів ресор, зусиль в шатуні при зарезонансному режимі роботи та у початковий період пуску. В роботі для двотрубного вібраційного конвеєра побудовано параметричну залежність значення величини потужності приводу від його проектної продуктивності при заданих типі та фізико-механічних властивостях вантажу, довжині транспортування. Для конкретного прикладу конвеєру проведено графічний аналіз залежності потужності приводу конвеєрів розглянутого типу від проектних параметрів.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бондарев, В.С. Підйомно-транспортні машини: розрахунки підймальних і транспортувальних машин: [Текст]: підручник /В.С. Бондарев, О.І. Дубінець, М.П. Колісник та інш. – К.: Вища школа, 2009. – 734 с.
2. Іванченко Ф.К. Підйомно-транспортні машини: підручник. К.:Вища школа, 1993. – 413 с.
3. Атлас конструкцій Підйомно-транспортних машин. Частина II. Транспортні машини. [Білостоцький В.О., Мазоренко Д.І., Тищенко Л.М., Міняйло А.В. та ін.]. – та ін.]. – Харків: ХНТУСГ, 2009. – 98 с.
4. Дереза О.О. Машини безперервного транспорту. – Мелітополь: Таврійський державний агротехнологічний університет, 2016. – 108 с.

## RESEARCH OF THE INFLUENCE OF VIBRATING CONVEYORS DESIGN PRODUCTIVITY ON ITS TECHNICAL PARAMETERS

V. M. BOHOMAZ<sup>1\*</sup>, M. V. BORENKO<sup>2</sup>, V.O. PETRUNKO<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup>Dep. «Military Training of Specialists of the State Special Service of Transport», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail: [wbogomas@i.ua](mailto:wbogomas@i.ua), ORCID 0000-0001-5913-2671

<sup>2</sup>Dep. «Military Training of Specialists of the State Special Service of Transport», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail: [bmw1961@ukr.net](mailto:bmw1961@ukr.net), ORCID 0000-0001-9578-3906

<sup>3</sup>Dep. «Military Training of Specialists of the State Special Service of Transport», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail: [petrunyko3@gmail.com](mailto:petrunyko3@gmail.com), ORCID 0009-0000-6463-8060

**Abstract:** The paper considers a two-pipe vibrating conveyor that is a balanced two-mass oscillating system with lower and upper load-carrying pipes, which is designed for transporting goods with aggressive properties. The main technical parameters of such conveyors are the power of the eccentric drive on the lower pipe and the inner diameter of the load-carrying pipes. To determine the required drive power of conveyors of a similar design, it is necessary to carry out a detailed calculation of many technical parameters. In the work was constructed a parametric dependence of the power drive value on its design productivity with the specified type and physical and mechanical properties of the cargo, and the length of transportation for the two-pipe vibrating conveyor. For a concrete example of a conveyor was carried out a graphical analysis of the dependence of the drive power and the inner diameter of the pipes on the design productivity.

*Keywords:* vibrating conveyor, productivity, drive, power

#### REFERENCES

1. Bondaryev, V.S. Pidyomno-transportni mashyny: rozrakhunky pidymalnykh i transportovalnykh mashyn: [Tekst]: pidruchnyk /V.S. Bondaryev, O.I. Dubinets, M.P. Kolisnyk ta insh. – K.: Vyshcha shkola, 2009. – 734 s. (in Ukrainian)
2. Ivanchenko F.K. Pidyomno-transportni mashyny: pidruchnyk. K.: Vyshcha shkola, 1993. – 413 s. (in Ukrainian)
3. Atlas konstruktivnykh Pidyomno-transportnykh mashyn. Chastyna II. Transportni mashyny. [Bilostotsky V.O., Mazorenko D.I., Tishchenko L.M., Minyaylo A.V. ta in.]. – ta in.]. – Kharkiv: KHNTUS-H, 2009. – 98 s. (in Ukrainian)
4. Dereza O.O. Mashyny bezperervnoho transportu. – Melitopol: Tavriyskyy derzhavnyy ahrotekhnolohichnyy universytet, 2016. – 108 s. (in Ukrainian)

УДК 623.438

### МЕТОДОЛОГІЯ ПІДВИЩЕННЯ ПРОТИМІННОГО ЗАХИСТУ БОЙОВИХ БРОНЬОВАНИХ МАШИН

С.П. БІСИК<sup>1\*</sup>, Л.С. ДАВИДОВСЬКИЙ<sup>2</sup>, В.М. БОГОМАЗ<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup>Науково-дослідний центр Національного університету оборони України, проспект Повітрофлотський, 28, Київ, Україна, 03049, ел. пошта [sergey-new@ukr.net](mailto:sergey-new@ukr.net), ORCID 0000-0002-5009-2113

<sup>2</sup>Науково-дослідний центр Національного університету оборони України, проспект Повітрофлотський, 28, Київ, Україна, 03049, ел. пошта [sergey-new@ukr.net](mailto:sergey-new@ukr.net), ORCID 0000-0002-2529-1989

<sup>3</sup>Каф. «Військової підготовки спеціалістів Держспецтрансслужби», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта [wbogomas@i.ua](mailto:wbogomas@i.ua), ORCID 0000-0001-5913-2671

**Анотація.** В умовах агресії російської федерації статистика ураження зразків озброєння та військової техніки показує, що значна їх частина спричинена підривами на протитанкових мінах. Основними принципами зменшення пошкоджень зразка та зменшення імовірності травмування особового складу є відбиття частини енергії ударної хвилі від конструкції зразка та часткове поглинання її енергії. В роботі наведено методологію підвищення протимінного захисту бойових броньованих машин. Запропоновано підхід до

дослідження протимінної стійкості зразка із застосуванням математичного моделювання та натурального експерименту. Наведено результати проведених досліджень та склад розрахункового і вимірювального комплексів. За результатами чисельного моделювання розроблено рекомендації та пропозиції щодо вдосконалення протимінної стійкості цих зразків для забезпечення вимог тактико-технічних завдань.

*Ключові слова:* протимінний захист, вибух, LS-DYNA.

Застосування бойових броньованих машин (ББМ) при відбитті російської агресії показує невідповідність існуючого рівня їх протимінного захисту сучасних загрозам. Статистика ураження зразків озброєння та військової техніки до 2018 року включно, вказує, що значна частина уражень спричинена підривами на протитанкових мінах (ПТМ) (рис.1) [1]. Спричинене це значним застосуванням ПТМ і високою імовірністю ураження ББМ, що потрапляють у зону їх реагування за відсутності систем протимінного захисту. На першому етапі, при підвищенні протимінної стійкості вітчизняних зразків ББМ є визначення рівня захисту зразка. Для цього проведено аналіз ПТМ, що застосовуються росією. Узагальнені тактико-технічні характеристики промислових інженерних протитанкових і протипіхотних мін, що становлять небезпеку для ББМ, наведено у роботі [2]. Загальна кількість ПТМ у вибірці становить 231 зразок. За результатами кластерного аналізу протитанкових мін російської федерації за обраними класифікаційними ознаками, масою вибухової речовини та її типом отримані групи кластерів ПТМ із врахуванням кількості енергії, що поглинається ґрунтом, що можна використовувати при формуванні вимог до рівня протимінного захисту вітчизняних ББМ. За результатами дослідження для ББМ 1-й рівень протимінної стійкості доцільно висувати до їх ходової частини, так як до цього категорії відносяться ПТМ, що дистанційно встановлюються. 2-й і 3-й рівні є близькими до вимог ДСТУ STANAG 4569.

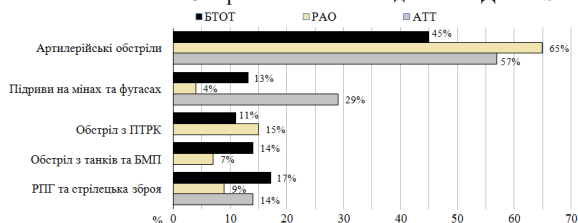


Рис. 1. Розподіл пошкоджених зразків ОВТ ЗС України в ході проведення АТО та ООС (статистика до 2018 року) у відповідності до застосованих по ним засобів ураження [1]

Дію ударної хвилі (УХ) вибуху ПТМ на конструкцію різних зразків ББМ можна класифікувати за чотирма різними основними ознаками (рис. 2): руйнування конструкції, локальне руйнування (пробиття) корпусу, деформації днища (конструкції), підкидання зразка. Безумовно, наведена на рис. 2 класифікація є умовним розділенням пошкоджень конструкції зразка, так як при підриві ББМ на ПТМ, як правило, спостерігаються або всі або декілька наслідків. Разом з тим такий розподіл дає можливість розділити технічні рішення які направлені на усунення таких наслідків відповідно до прийнятої класифікації (рис. 2).

Логічним буде припустити, що основними принципами до зменшення пошкоджень зразка та зменшення імовірності травмування особового складу є відбиття частини енергії УХ

від конструкції зразка для зменшення її загального імпульсу та часткове поглинання енергії УХ, для забезпечення значень прискорень в межах допустимих для внутрішнього обладнання та особового складу (рис. 3). Завданням при забезпеченні протимінної стійкості ББМ є визначення максимального імпульсу конструкції, що може бути отриманий при підриві, передбачення конструктивних заходів для його часткового відхилення й поглинання, на рівні, що забезпечить допустимі навантаження на особовий склад та внутрішнє обладнання, а також прогнозований стан конструкції ББМ.

Зважаючи на економічні обмеження при розробці зразків ББМ, раціональним підходом до їх побудови, в частині захищеності є створення базового зразка ББМ із заданим мінімальним рівнем захищеності з можливістю його підвищення за рахунок встановлення додаткових захисних структур. При цьому ефективність їх функціонування визначатиметься попередньо передбаченою можливістю їх встановлення. Прийнята у вітчизняному виробництві ББМ практика підвищення захищеності передбачає встановлення захисних структур на готову конструкцію ББМ. При цьому часто масо-габаритні обмеження не дозволяють встановлювати захисні структури з раціональними параметрами, що в свою чергу призводить до незадовільного рівня протимінної стійкості вітчизняних ББМ.

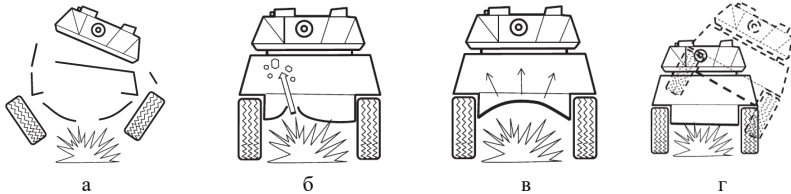


Рис. 2. Класифікація пошкоджень ББМ внаслідок підриву на ПТМ:

а – втрата цілісності конструкції, б – локальне руйнування (пробиття) корпусу, в – деформації днища (конструкції), г – підкидання зразка [3]

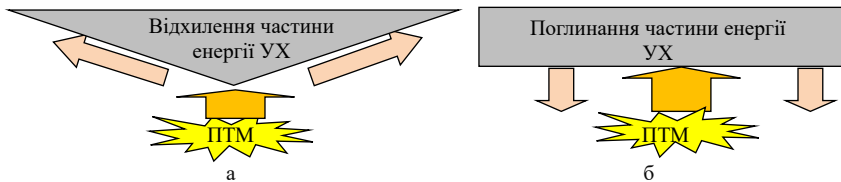


Рис. 3. Принципи зменшення пошкоджень зразка та ураження особового складу при підриві: а – відбиття частини енергії УХ, б – поглинання частини енергії УХ

Загальна структура запропонованої системи пасивного протимінного захисту ББМ наведена на рис. 4. Для забезпечення її необхідної ефективності на зразку ББМ мають бути передбачені конструктивні заходи крім того конструкція зразка ББМ має передбачати встановлення захисних структур, що дозволить підняти рівень протимінної стійкості із базового до необхідного, при необхідності. Таким чином, концепція побудови системи пасивного протимінного захисту ББМ має ґрунтуватись на передбаченні в його конструкції можливості встановлення додаткових захисних структур, для поетапного підвищення рівня протимінної стійкості відповідно існуючим загрозам, типу та завданням, що виконуються. На сьогодні невідомі алгоритми прямого синтезу складних технічних систем і їх розробка

здійснюється в ітераційному процесі аналізу різних варіантів проектних гіпотез. Створення системи пасивного протимінного захисту БМ у цьому відношенні не є виключенням і в загальному випадку складається з етапів, наведених на рис. 5. Разом з тим, раціональним буде поєднання чисельного моделювання та експериментальних досліджень та розбиття процесу проектування на етапи (рис. 6), що по суті доповнюють алгоритм процесу проектування системи пасивного протимінного захисту БМ (рис. 5).

На першому етапі необхідно провести вивчення (уточнення) феномену вибуху та дослідити його дію на матеріали та їх зварні з'єднання (рис. 6). Наступним кроком є дослідження структурних елементів та їх поєднання в захисні структури (окремі підсистеми). Завершальним є синтез елементів конструкції та захисних структур в єдину систему пасивного протимінного захисту. Слід відмітити, що при одноразовому проходженні цих етапів подальший синтез системи можливий з бази готових технічних рішень по структурним елементам та їх поєднанню в окремі підсистеми (захисні структури) (рис. 6). Загальна кількість вітчизняних зразків та їх скінченно-елементні моделі представлені на рис. 7. За результатами чисельного моделювання розроблено рекомендації та пропозиції щодо вдосконалення протимінної стійкості цих зразків для забезпечення вимог тактико-технічних завдань. Оцінка розроблених шляходів забезпечення протимінної стійкості вітчизняних зразків БМ здійснюється шляхом натурних випробувань макетів їх бронекорпусів або повноцінної конструкції із застосуванням вимірювального комплексу, схема якого наведена на рис. 8.

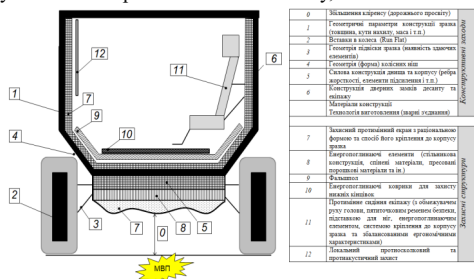


Рис. 4. Структура системи пасивного протимінного захисту БМ

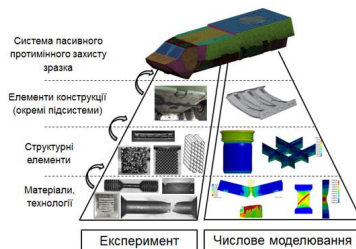
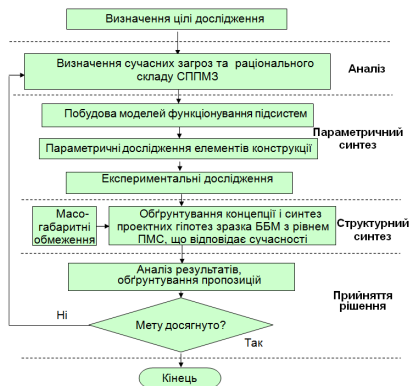


Рис. 5. Алгоритм процесу проектування системи пассивного протимінного захисту БМ

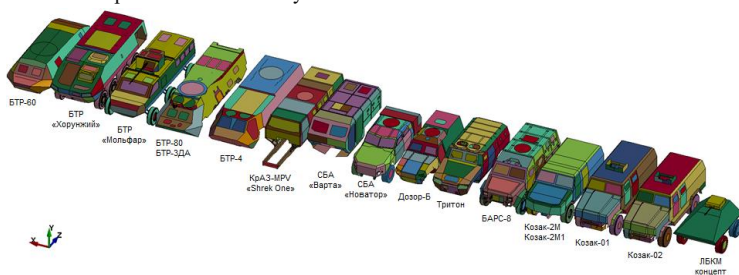


Рис. 7. Вітчизняні зразки БМ, для яких проведено математичне моделювання з оцінки їх протимінної стійкості



Рис. 8. Комплекс для дослідження та реєстрації швидкоплинних процесів

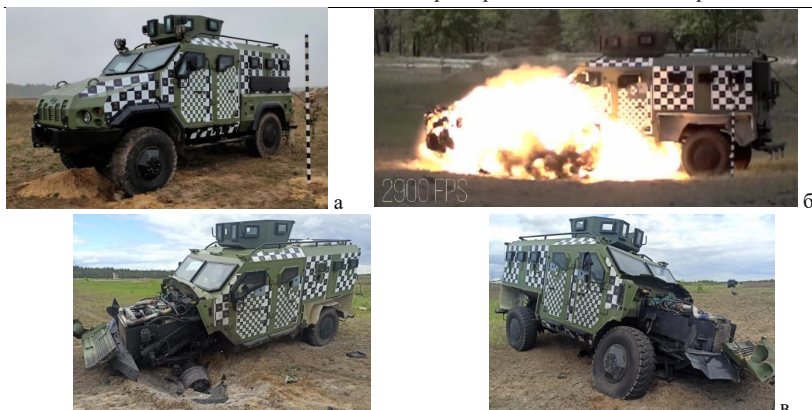


Рис. 9. Натурні випробування протимінної стійкості СБА «Варта»: а – зразок на місці випробувань; б – кадри підриву; в – результати підриву

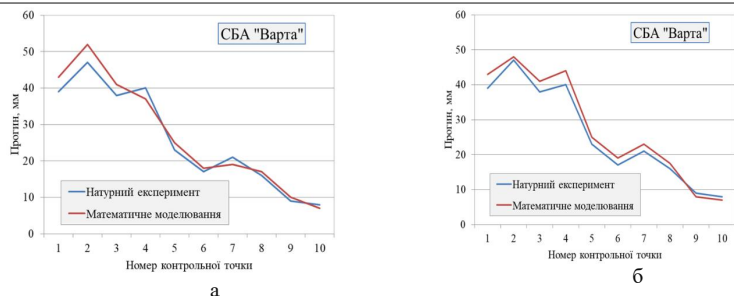


Рис. 10. Прогини в місцях розташування ніг екіпажу та десанту СБА «Варта»:

а – підрив під колесом зразка (відносна похибка 11,1 %);

б – підрив під днищем зразка (відносна похибка 9,5 %)

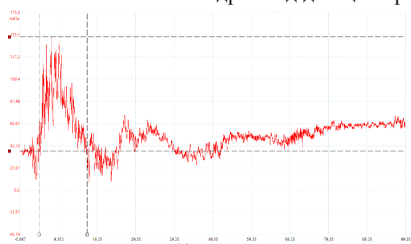


Рис. 11. Осцилограма з датчика тиску



Рис. 12. Осцилограма з датчика прискорення на місці десантника

Етапи натурних випробувань наведені на рис. 9, на прикладі спеціального броньованого автомобіля «Варта». Порівняння отриманих при чисельному моделюванні прогинів в контрольних точках конструкції та зафіксованих при натурних випробуваннях показані на рис. 10. Типові показники датчиків інформації наведені на рис. 11-12. З наведених даних можна зробити висновок про досить високу точність чисельного моделювання порівняння із натурними випробуваннями та можливість застосування розробленої методології для підвищення протимінної стійкості зразків ББМ.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Науково-технічні підходи до вирішення актуальних проблем розбудови сектору безпеки і оборони : кол. монографія / С.П. Бісик, Л.С. Давидовський, Я.А. Миронов [та ін.] ; заг. ред. А. П. Марченко ; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". – Харків : Друкарня Мадрид, 2021. – 326 с.
2. Бісик С.П. Аналіз протитанкових мін Російської Федерації методами кластерного аналізу // Озброєння та військова техніка : шокв. наук.-техн. журн. / ЦНДІ ОБТ ЗСУ. 2018. №2 (18). С. 15-22. DOI: [https://doi.org/10.34169/2414-0651.2018.2\(18\).15-22](https://doi.org/10.34169/2414-0651.2018.2(18).15-22)
3. Hazell P.J. Armour. Materials, Theory and Design. Canberra, Australia : CRC Press, Taylor & Francis Group, 2016, 380 p.

---

**METHODOLOGY OF INCREASE OF ANTIMINE PROTECTION ARMORED  
COMBAT VEHICLES**S.P. BISYK<sup>1</sup>, L.S. DAVIDOVSKY<sup>2</sup>, V.M. BOHOMAZ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Research Center of the National Defense University of Ukraine, 28 Povitroflotskiy Avenue, Kyiv, Ukraine, 03049, e-mail [sergey-new@ukr.net](mailto:sergey-new@ukr.net), ORCID 0000-0002-5009-2113

<sup>2</sup>Research Center of the National Defense University of Ukraine, 28 Povitroflotskiy Avenue, Kyiv, Ukraine, 03049, e-mail [sergey-new@ukr.net](mailto:sergey-new@ukr.net), ORCID 0000-0002-2529-1989

<sup>3</sup>Dep. «Military Training of Specialists of the State Special Service of Transport», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail: [wbogomas@i.ua](mailto:wbogomas@i.ua), ORCID 0000-0001-5913-2671

**Abstract:** In the conditions of the aggression of the Russian Federation, the statistics of damage to samples of weapons and military equipment show that a significant part of them was caused by detonations of anti-tank mines. The main principles of reducing damage to the sample and reducing the probability of injury to personnel are the reflection of part of the shock wave energy from the structure of the sample and the partial absorption of its energy. The work provides a methodology for increasing anti-mine protection of armored combat vehicles. An approach to the study of anti-mine resistance of the sample using mathematical modeling and field experiment is proposed. The results of the conducted research and the composition of the calculation and measurement complexes are given. Based on the results of numerical modeling, recommendations and proposals for improving the anti-mine resistance of these samples have been developed to meet the requirements of tactical and technical tasks.

*Keywords:* antimine protection, explosion, LS-DYNA

**REFERENCES**

1. Scientific and technical approaches to solving the current problems of the development of the security and defense sector: col. monograph / S.P. Bisyk, L.S. Davydovskiy, Ya.A. Mironov [and others]; general ed. A. P. Marchenko; National technical University "Kharkiv Polytechnic Institute". - Kharkiv: Madrid Printing House, 2021. - 326 p.
2. Bisyk S.P. Analysis of anti-tank mines of the Russian Federation by methods of cluster analysis // Armaments and military equipment: weekly. science and technology journal / TsNDI OVT of the Armed Forces of Ukraine. 2018. No. 2 (18). P. 15-22. DOI: [https://doi.org/10.34169/2414-0651.2018.2\(18\).15-22](https://doi.org/10.34169/2414-0651.2018.2(18).15-22)
3. Hazell P.J. Armour. Materials, Theory and Design. Canberra, Australia : CRC Press, Taylor & Francis Group, 2016, 380 p.

УДК 631.372

## ДОДАТКОВІ ПОКАЗНИКИ РЕМОНТНОПРИДАТНОСТІ НАСОСІВ ПІДЖИВЛЕННЯ АКСІАЛЬНО-ПОРШНЕВИХ ГІДРОМАШИН СИЛОВИХ РЕГУЛЬОВАНИХ ГІДРОПРИВОДІВ

П. Т. МЕЛ'ЯНЦОВ<sup>1\*</sup>, О. М. ЛОСІКОВ<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup>Каф. «Галузевого машинобудування», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта melyantsov.pet@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5937-4021

<sup>2</sup>Каф. «Галузевого машинобудування», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта a.m.losikov@ust.edu.ua, ORCID 0009-0004-5523-7651

**Анотація.** Основною метою дослідження є визначення оцінки додаткових показників ремонтнопридатності насосів підживлення аксіально-поршневих гідронасосів у високо динамічних приводах наведення та стабілізації артилерійських та ракетно-артилерійських установок сучасних комплексів протиповітряної оборони для підвищення ефективності реалізації заходів з усунення несправностей насосів підживлення безпосередньо пов'язаних з заміною насоса, які характеризуються достатньо високим коефіцієнтом легкоз'ємності агрегату, та відновлення їх працездатності при ремонті на спеціалізованих підприємствах. Ремонтна технологічність шестеренного насоса підживлення характеризується коефіцієнтом доступності до деталей в процесі їх ремонту, який знаходиться в інтервалі 0,10...0,33, що вказує на конструктивну складність агрегату для умов відновлення його працездатного стану на спеціалізованих ремонтних підприємствах, і потребує проведення оцінки ремонтної технологічності деталей, що лімітують його ресурс з врахуванням зміни структурних параметрів технічного стану деталей.

**Ключові слова:** високо динамічний привід; аксіально-поршневі гідромашини; насос підживлення; ремонтнопридатність, ремонтна технологічність.

**Вступ.** У техніці військового та подвійного призначення аксіально-поршневі гідроприводи (АПГ) знайшли успішне застосування у високо динамічних приводах наведення та стабілізації, зокрема, озброєнь артилерійських та ракетно-артилерійських установок сучасних комплексів протиповітряної оборони, найбільш відомими з яких є «Тунга», «Тор», «Бук», «Оса», «Град», «Смерч», «Панцир», «Ураган» та ін. [1].

Визначальними системами ракетно-артилерійських установок за сукупністю вимог, що пред'являються до них у плані забезпечення їх експлуатаційно-технічних характеристик і, тим самим, характеристик комплексів в цілому, таких як - тип і характеристики цілей, що вражаються, зони і ймовірність їх ураження, час реакції, можливість виконання бойового завдання в русі, робота в автоматичному режимі, надійність, ремонтнопридатність - вважаються приводи наведення та стабілізації. При цьому, показники якості цих приводів – точність, швидкодія, діапазон регулювання, надійність, енергоспоживання – в першу чергу

визначаються виконанням їх силової частини – аксіально-поршневими гідроприводами та їх гідромашинами.

Використання аксіально-поршневих гідромашин (АППМ) у цих гідроприводах було викликано низкою їх суттєвих переваг над іншими типами об'ємних гідромашин. До таких переваг слід віднести високу енергоємність на одиницю ваги (питома вага регульованих насосів з високою частотою обертання може досягати 12 кГс/кВт), досить високий і стійкий у широкому діапазоні зміни потужності ККД (об'ємний ККД при оптимальних режимах роботи досягає значень 0,97 - 0,98), висока швидкодія насосів при регулюванні подачі (зміна подачі від нульової до максимальної здійснюється в деяких типах насосів за 0,04 секунди та від максимальної до нульової - за 0,02 секунди), відносно малий момент інерції деталей, які обертаються, що забезпечує високу динамічність і економічність процесу регулювання, що також має істотне значення при використанні цих гідромашин особливо в моторному режимі [1].

Аналіз тактико-технічних характеристик існуючих комплексів протиповітряної оборони, які перебувають на озброєнні у військах («Шилка», «Оса», «Бук» та їх модифікації), зарубіжних комплексів аналогічного застосування («Vulkan», «Roland», «Gepard», «Diana», «Patriot» та ін.), а також тенденцій їх вдосконалення показують наступне. Зростання швидкостей цілей, їх маневреності, потужності озброєнь зенітних комплексів, посилення умов їх експлуатації висувають постійно зростаючі вимоги до швидкостей наведення по куту місця та азимуту (відповідно до 70 і 100 градусів/сек), прискорень наведення (відповідно до 120 і 150 градусів/сек і вище) при забезпеченні помилок стеження на рівні 3-5 мілірадіан.

Таким чином, постійно зростаючі вимоги до робочих навантажень, точності позиціонування, швидкостей і прискорень руху робочих органів машин викликають необхідність подальшого інноваційного розвитку гідроприводу, пов'язаного з підвищенням питомої потужності, ККД, надійності та інших показників якості їх основних елементів – аксіально-поршневих гідромашин. Реалізація цих тенденцій шляхом використання, зокрема, високого робочого тиску рідини в даний час приводить до підвищення об'ємних та механічних витрат, навантажень та зносу пар тертя АППМ, особливо це стосується насосів підживлення, які являються найбільш відповідальними так як забезпечують запуск аксіально-поршневого гідронасоса, виводять його на необхідні режими роботи, забезпечуючи роботу системи керування робочим об'ємом, що суттєво впливає на точність роботи гідропривода, а також компенсують об'ємні втрати рідини в качаючих вузлах гідромашин.

Являється очевидним, що надійність насоса підживлення буде суттєво впливати на надійність аксіально-поршневого гідронасоса, а значить і на роботу силового регульованого гідроприводу в цілому. В аксіально-поршневих гідронасосах, для регулювання їх робочого об'єму та компенсації об'ємних витрат в силовому гідроприводі, встановлюються насоси підживлення шестеренного типу. В умовах експлуатації насоси такої конструкції, як правило втрачають працездатність в результаті гідроабразивного зношення деталей качаючого вузла в спряженнях: «торець шестерні-верхня кришка», «торець шестерні-нижня кришка», «колодязь корпусу-зуб шестерні», що підтверджується результатами досліджень в роботах [2].

Зниження матеріальних витрат та трудомісткості робіт, пов'язаних з відновленням працездатності насосів буде обумовлюватися ремонтпридатністю гідроагрегатів, яка являється властивістю, що розглядається надійністю і виражається в пристосованості агрегату до відновлення справного стану, кількісно оцінюється трудомісткістю відновлення і

визначається витратами праці і засобів для усунення відказу. Як правило, тривалість ремонтних дій обумовлює час перебування установки в непрацездатному стані. На трудомісткість відновлення працездатного стану гідравлічного насосу в значній мірі буде впливати ремонтна технологічність його деталей, технічна підготовка виробничого підрозділу, а також прийняті технологічні процеси для ремонту та відновлення їх деталей.

Технологічні процеси, які реалізуються для відновлення працездатного стану гідронасоса, в основному сформовані без врахування кількісної оцінки ремонтної технологічності його деталей, застосування якої забезпечить зниження трудомісткості ремонтних робіт та їх собівартості і забезпечить необхідну післяремонтну довговічність.

**Метою роботи є** – визначення оцінки додаткових показників ремонтпридатності насосів підживлення і обґрунтування заходів з впливу на них, для підвищення ефективності технологічних процесів з їх ремонту та усунення несправностей в умовах роботи.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі: виявити причини втрати працездатності насосів підживлення в умовах експлуатації; розглянути додаткові показники технологічності насосу з врахуванням рівнів стратегії відновлення його працездатності; дати кількісну оцінку додатковим показникам ремонтпридатності насосів підживлення.

Для виявлення причин втрати працездатності насосів підживлення проводився аналіз технічного стану агрегатів, які поступали до ремонту.

Причини відмови насоса та ймовірність технічного стану його деталей визначалися проведенням непрямого діагностування та дефектуванням деталей за відомими методиками [3].

За результатами контрольних робіт вдалось виявити, що за своїм характером відмови розподіляються наступним чином: зношення деталей в спряженнях «торець шестерні-кришка» - 50-55%, «колодязь корпусу-зуб шестерні» - 25-30%; порушення регулювання запобіжного клапана – 6-8%; зріз хвостовика ведучого валу 1,5-2%; зрив різьби штуцера забірної магістралі – 1-2%; порушення зовнішньої герметичності насоса 1-1,5%; зовнішні механічні пошкодження 1-1,5%. Результати розподілу представлені графічно на (рис. 1).

Їх аналіз показує, що усунення несправностей у насосів підживлення і відновлення їх працездатного стану можливе за рахунок застосування наступних стратегій :

1. Відновлення працездатності гідравлічного насосу виконується на об'єктах ремонтно-обслуговуючої бази першого рівня під керівництвом майстра налагодчика; сюди відносяться роботи пов'язанні з заміною несправного насоса з наявними механічними пошкодженнями, усунення підтікання робочої рідини з агрегату, регулювання запобіжного клапана, заміна штуцера забірної магістралі та ін.

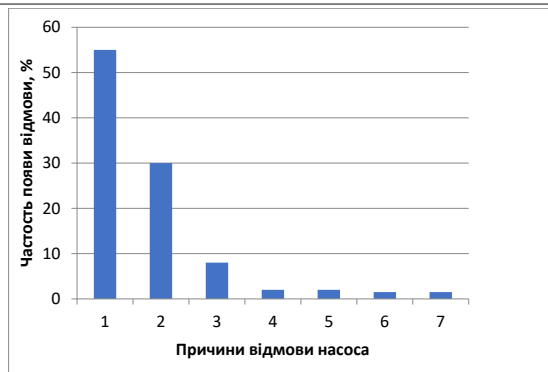


Рисунок 1 – Розподіл причин, що обумовили відмову насосів підживлення: 1 – зношення деталей в sprzęженні «торець шестерні – кришка»; 2 - зношення деталей в sprzęженні «колодязь корпусу-зуб шестерні»; 3 - порушення регулювання запобіжного клапана; 4 - зрив різьби штуцера забірної магістралі; 5 - зріз хвостовика ведучого валу; 6 - порушення зовнішньої герметичності насоса; 7 - зовнішні механічні пошкодження

2. Відновлення працездатного стану гідравлічного насосу проводиться в спеціалізованому підприємстві третього рівня об'єктів ремонтно-обслуговуючої бази (застосовуються технології поточного і капітального ремонту при повному розбиранні гідронасосу, виконання контрольно-регулювальних операцій, відновлення деталей качаючого вузла, складання насоса, обкатка та випробування), ці роботи виконуються тільки в спеціалізованих ремонтних підприємствах кваліфікованим персоналом, що пройшов спеціальну підготовку.

Показники технологічності гідравлічних насосів шестеренного типу при ремонті підрозділяються на оперативні та економічні [4].

До оперативних показників відносяться: середній час проведення  $i$ -го виду ремонту та ймовірність проведення  $i$ -го виду ремонту в заданий час. До економічних показників: середня, сумарна і питома трудомісткість ремонту і середня, сумарна і питома вартість ремонту.

Є очевидним, що технологічність проведення ремонту гідравлічного насосу буде залежить від забезпеченості доступності до основних деталей, та їх легкоз'ємності, які досягаються оптимальним розміщенням агрегатів на машині, та їх конструктивними особливостями.

Для першої стратегії більш інформативним показником буде коефіцієнт легкоз'ємності  $K_{Л}$ , а для другої стратегії коефіцієнт доступності  $K_{Д}$ , який буде враховувати безпосередньо доступ до деталей sprzęжень, які обумовлюють втрату працездатного стану агрегату.

Коефіцієнт легкоз'ємності розраховується за виразом [4]:

$$K_{Л} = 1 - \frac{\Delta T_{ом}}{T_{ом}}, \quad (1)$$

де  $T_{ом}$  - трудомісткість демонтажно-монтажних робіт при відновленні працездатності насоса, люд.-год.;

$\Delta T_{dm}$  – відхилення трудомісткості демонтажно-монтажних робіт при ремонті насоса в порівнянні з еталонними значеннями, люд-год.

Для визначення коефіцієнта легкоз'ємності для першої стратегії відновлення працездатності гідравлічного насоса були проведені експериментальні дослідження по визначенню показників трудомісткості при відновленні його працездатності безпосередньо на установці. Результати спостережень наводяться в табл. 1.

Таблиця 1 - Значення тривалості робіт при відновленні працездатності гідравлічного насосу для першої стратегії (за даними експериментальних досліджень)

№ з/п	Найменування виду робіт	Тривалість робіт в хв.		Значення коефіцієнта легкоз'ємності, $K_L$
		$T_{dm}$	$\Delta T_{dm}$	
1	Від'єднання гідравлічного рукава забірної магістралі від насосу	11,5	3,2	0,72
2	Розбирання болтових з'єднань кріплення насосу	12,4	3,6	0,71
3	Демонтаж насоса	2,4	0,6	0,75
4	Усуення несправності насоса (заміна нижньої кришки з пошкодженим штуцером)	18,2	5,3	0,71
5	Монтаж насоса	2,3	0,8	0,65
6	Болтове кріплення насоса	12,5	3,8	0,70
7	Приєднання гідравлічного рукава забірної магістралі	11,8	3,4	0,71

Аналіз табл. 1 показує, що усунення несправностей, пов'язаних безпосередньо з заміною насоса або усунення його розгерметизації на аксіально-поршневному гідронаосі не визиває значних ускладнень при відновленні працездатності силового регульованого гідроприводу, що підтверджується достатньо високим показником коефіцієнта легкоз'ємності  $K_L = 0,65...0,75$ .

Для другої стратегії відновлення працездатного стану гідравлічних насосів ремонтна технологічність може бути оцінена коефіцієнтом доступності  $K_D$ , який буде враховувати безпосередньо доступ до деталей спряжень, які обумовлюють втрату працездатного стану агрегату. Його можна розрахувати за виразом [4]:

$$K_D = 1 - \frac{x_j^1 - 1}{x_j^1} \quad (2)$$

де  $x_j^1$  - сума всіх знятих деталей.

Даний коефіцієнт буде залежати від причини втрати працездатного стану агрегатом, яка буде формувати об'єм робіт пов'язаних з розбиранням насоса та відновленням структурних параметрів його деталей.

Вище наведений аналіз технічного стану насосів підживлення, показав, що близько 85% відмов припадає на качаючий вузол гідронасоса.

Отже, для відновлення працездатності деталей спряжень качаючого вузла гідронасоса необхідно провести повне його розбирання.

В процесі ремонту насосів основні роботи припадають на відновлення верхньої і нижньої кришок (вони притираються до видалення слідів зношення на робочих поверхнях), шліфуванням робочих поверхонь торців шестерень.

Таким чином, покращення показників технологічності при ремонті насосів можливе за рахунок застосування спеціальних пристроїв, які будуть полегшувати фіксацію насоса при проведенні розбирально-складальних робіт, забезпечення механізації проведення розбирання різьбових з'єднань та операцій з притирки деталей.

Для того, щоб добратися до нижньої кришки нам необхідно зняти одинадцять деталей (болт, кришка верхня, прокладка, качаючий вузол в складі, корпус насоса, прокладка, пробка, пружний штифт, транспортна пробка, клапан запобіжний, транспортна пробка).

Коефіцієнт доступності для задньої кришки складе:

$$K_{д} = 1 - \frac{11-1}{11} = 0,1$$

Враховуючи те, що коефіцієнт доступності знаходиться в інтервалі  $0 < K_{д} \leq 1$ , можна зробити висновок, що задня кришка належить до важко доступних деталей.

Для доступу до передньої кришки необхідно зняти дві деталі (болт і прокладку). Коефіцієнт доступності для неї складе  $K_{д} = 0,5$  і вказує на добру доступність до передньої кришки. Коефіцієнт доступу до качаючого вузла складе  $-0,33$ .

Таким чином, аналіз ремонтної технологічності насоса підживлення показав, що коефіцієнт доступності до деталей в процесі ремонту знаходиться в інтервалі  $K_{д} = 0,10...0,33$ , що вказує на конструктивну складність для умов відновлення його працездатного стану.

Визначення коефіцієнта доступності до деталей при ремонті гідравлічних насосів характеризує в основному конструктивні особливості агрегатів. Для отримання повної уяви про ремонтпридатність гідравлічних насосів необхідно провести оцінку ремонтної технологічності деталей, що лімітують його ресурс, яка формується на основі ймовірності появи наступних несумісних дій: деталь являється придатною без ремонту; деталь потребує ремонту; деталь непридатна.

Проведені дослідження з визначення показників технологічності насосів підживлення при відновленні працездатного стану аксіально-поршневих гідромашин силових регульованих гідроприводів, за рахунок усунення несправностей насоса підживлення, характеризуються в основному розгляданням додаткових показників ремонтпридатності (коефіцієнтів доступності та легкоз'ємності), які частково характеризують пристосованість гідравлічної системи до відновлення працездатного стану, що не дає можливості в повній мірі розкрити ремонтпридатність насоса.

Разом з тим, проведені дослідження з визначення додаткових показників ремонтпридатності насосів підживлення дають можливість зробити наступні висновки:

1. Усунення несправностей, пов'язаних безпосередньо з заміною насоса або усунення його розгерметизації на установці не визиває значних ускладнень при відновленні працездатності гідравлічної системи, що підтверджується достатньо високим показником коефіцієнта легкоз'ємності  $K_{д} = 0,65...0,75$ , який характеризує додаткові показники ремонтпридатності насосів підживлення.

2. Аналіз ремонтної технологічності шестеренного насоса підживлення показав, що коефіцієнт доступності до деталей в процесі ремонту знаходиться в інтервалі  $K_D = 0,10...0,33$ , що вказує на конструктивну складність для умов відновлення його працездатного стану на спеціалізованих ремонтних підприємствах.

3. Визначення коефіцієнта доступності до деталей при ремонті гідравлічних насосів характеризує в основному вплив конструктивних особливостей гідронасосів на показники ремонтпридатності. Для отримання повної уяви про ремонтпридатність гідравлічних насосів необхідно провести оцінку ремонтної технологічності деталей, яка формується на основі ймовірності появи наступних несумісних дій: деталь являється придатною без ремонту; деталь потребує ремонту; деталь непридатна.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Петков С. В. Сучасні зразки озброєння та військової техніки імовірного противника: довідник. : Видавництво ЦУЛ, 2022. – 102 с.
2. Стабілізація радіального зазору в качаючому вузлі насоса підживлення удосконаленням конструкції втулки підшипника ковзання / П.Т. Мельянцева, О.М. Лосіков, В.С. Назарець, В.К. Сидоренко // Сучасні проблеми металургії. Наукові вісті. № 25, (2022), (DOI: 10.34185/1991-7848.2022.01.09) - Дніпро: УДУНТ «Системні технології», 2022. – 102-116.
3. Вид та характер зношення деталей качаючого вузла насоса підживлення аксіально-поршневої гідромашини / О.М. Лосіков // Металлургическая и горнорудная промышленность, -2015.-№7.-С.170-173.
4. Армашов Ю. В. Основи надійності технічних і технологічних систем в сільськогосподарському машинобудуванні : навч. посіб. / Ю. В. Армашов, А. С. Кобець, П. Т. Мельянцева ; за ред. проф. А. С. Кобця. – Дніпро :Видавець Біла К. О., 2022. – 632 с.

#### ADDITIONAL INDICATORS OF REPAIRABILITY OF FEEDING PUMPS OF AXIAL PISTON HYDRAULIC MACHINES OF POWER ADJUSTABLE HYDRAULIC DRIVES

P. T. MELYANTSOV<sup>1</sup>\* O. M. LOSIKOV<sup>2</sup>

<sup>1</sup>\*Dep. "Branch engineering", Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail melyantsov.petr@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5937-4021

<sup>2</sup>Dep. "Branch engineering", Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail a.m.losikov@ust.edu.ua, ORCID 0009-0004-5523-7651.

**Abstract:** The main goal of the study is to determine the assessment of additional indicators of the serviceability of the feed pumps of axial-piston hydraulic pumps in highly dynamic guidance and stabilization drives of artillery and missile-artillery installations of modern air defense complexes to increase the effectiveness of measures to eliminate malfunctions of feed pumps directly related to pump replacement, which are characterized by a sufficiently high coefficient of light capacity of the unit, and restoration of their efficiency during repair at specialized enterprises. The repair manufacturability of the gear pump is characterized by the coefficient of accessibility to parts in the process of their repair, which is in the range of 0.10...0.33, which indicates the structural complexity of the unit for the conditions of restoring its working condition at specialized repair enterprises, and

requires an assessment of repair manufacturability parts that limit its resource, taking into account changes in the structural parameters of the technical condition of the parts.

*Keywords:* highly dynamic drive; axial-piston hydraulic machines; feed pump; repairability, repair manufacturability.

#### REFERENCES

1. Pietkov S. V. (2022) Suchasni zrazky ozbroiennia ta viiskovoi tekhniki imovirnogo protyvnyka: dovidnyk. Vydavnytstvo TsUL.
2. Meliantsov P. T., Losikov O. M., Nazarets V. S., Sydorenko V. K. (2022). «Stabilizatsiia radialnogo zazoru v kachaiuchomu vuzli nasosa pidzhyvlennia udoskonalenniam konstruksii vtulky pidshypnyka kovzannia». Suchasni problemy metalurhii. Naukovi visti. № 25. Dnipro: UDUNT «Systemni tekhnolohii», 2022. – 102-116. DOI: 10.34185/1991-7848.2022.01.09
3. Losikov O. M. (2015) Vyd ta kharakter znoshennia detalei kachaiuchoho vuzla nasosa pidzhyvlennia aksialno-porshnevoi hidromashyny. Metallurhicheskaia y homorudnaia promyshlennost. №7. S. 170-173.
4. Armashov Yu. V., Kobets A. S., Meliantsov P. T. (2022). Osnovy nadiinosti tekhnichnykh i tekhnolohichnykh system v silskohospodarskomu mashynobuduvanni. Dnipro. Vydavets Bila K. O.

## ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

Zhadanos O.V.....	80	Курган М.Б. ....	183
Derevianko I. V.....	80	Кучерук І. А. ....	243
Dmytro Kozenkov.....	60	Лосіков О. М. ....	258
Kosolapov A. A.....	20	Лужицький О.Ф. ....	151, 155
Wiesław Waszkielewicz.....	60	Максименков Є. А.....	105
Vladyslava Kozenkova.....	60	Мацюк В. І. ....	38
Андрєєв В.С.....	123	Мартинюк І. І. ....	140
Арбузов М.А.....	3	Мельянцеv П.Т. ....	258
Анісімов В.М.....	22	Мірошник В. А.....	160
Анісімов, В.В.....	22	Москальов Г. Ю.....	164
Байдак С.Ю.....	126	Мотилєнко В. А. ....	17
Банніков Д. О. ....	135	Неведров О. В.....	38
Бердник В.В.....	155	Некрасенко Л.А.....	94
Булгаков А. В.....	89	Негруб С. А. ....	64
Бісик С.П.....	251	Новік Р.Б.....	123, 126, 168
Богомаз В. М. ....	216, 220, 247, 251	Овчинников П. А. ....	160
Боднар Б.С.....	3, 49, 215	Осадчий К.В.....	110
Боренко М. В.....	168, 225, 243, 247	Остапенко І. С. ....	54, 173
Борисенко А. М.....	216, 220, 230	Очкасов О.Б.....	49
Бончук С.В.....	64	Пашук В.В. ....	9
Буряк С. Ю. ....	32	Парфентєва О. Г.....	99
Герасимчук А. П.....	64	Пахомова В. М. ....	13, 17
Гернич М. В.....	136, 144, 173, 188	Петрунько В. О.....	247
Горячкін В.М.....	27, 42	Петренко В.....	49
Голуб Г. М.....	38	Плотніков І. О. ....	136
Гололобова О.О. ....	32	Радкевич А.В.....	179, 183
Гордєєва І. О.....	71	Скалозуб В.В.....	4, 42
Горобченко О. М.....	38	Скалько В.В.....	27
Горбатюк Ю.М.....	140, 193, 198	Сидоренко В.К.....	205
Губар О.В.....	179	Стасенко С. С. ....	155
Гудімов В.В. ....	105, 110, 118, 158	Сухай С. В.....	89
Гусак М. А.....	126	Сухомлин О. О. ....	13
Давидовський Л.С. ....	251	Табала С.В.....	188
Десяк А. С. ....	210	Терлецький І.А.....	42
Дзюба С. В.....	74	Тютєкін О.Л.....	123,193,199
Дубінчик О. І. ....	199	Хмелєвська Н.П. ....	126
Жуковицький В.В.....	4, 9	Шапгала О. І.....	54
Крамар І. Є.....	225, 243	Шалаєв В.О.....	136
Краснощок С. Л. ....	235	Шевченко Р. В.....	144
Кругліков Д. Г.....	75	Ярош Д. А. ....	140
Куроп'ятник О. С.....	235	Яновська В.П.....	94, 99
Курган Д.М.....	183		

**ЗМІСТ****СЕКЦІЯ 1 «АВТОМАТИЗАЦІЯ, ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА КІБЕРБЕЗПЕКА  
В ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМАХ»**

МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ МЕТОДІВ ПРОГНОЗУВАННЯ ЧАСОВИХ РЯДІВ ТЕХНОЛОГО-ЕКОНОМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ В АНАЛІТИЧНИХ СЕРВЕРАХ АСК ВПІ УЗ-С В. В. Скалозуб, І. В. Жуковицький, І. В. Клименко.....	4
ОГЛЯД МЕТОДІВ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕННЯ РЕЄСТРАЦІЙНОГО НОМЕРУ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ І. В. Жуковицький, В. В. Пашук.....	9
ВИЯВЛЕННЯ АТАК КАТЕГОРІЇ R2L ЗАСОБАМИ SOM В ІНФОРМАЦІЙНО- ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІЙ СИСТЕМІ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ В. М. Пахомова, О. О. Сухомлин.....	13
ВИЯВЛЕННЯ DOS АТАК ЗАСОБАМИ RBF В ІНФОРМАЦІЙНО- ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІЙ СИСТЕМІ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ В. М. Пахомова, В. А. Мотиленко.....	17
A SUBJECTIVE VIEW OF CURRENT CHALLENGES AND THREATS IN UKRAINIAN EDUCATION А. А. Kosolapov.....	20
ВІРТУАЛІЗОВАНІ ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ВИКОНАВЧИМИ МЕХАНІЗМАМИ А. В. Клименко, В. В. Анісімов, В. М. Анісімов.....	22
СУЧАСНІ ВИМОГИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВІЙСЬКОВОГО РАДІОЗВ'ЯЗКУ В. В. Скалько, В. М. Горячкін, Є. О. Панченко.....	27
ФАКТОРИ ВПЛИВУ НА ТРИВАЛІСТЬ СТРОКУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЛІТІЙ-ІОННИХ АКУМУЛЯТОРІВ С. Ю. Буряк, О. О. Гололобова.....	32
АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ЗМЕНШЕННЯ ВПЛИВУ ЛЮДСЬКОГО ФАКТОРУ НА БЕЗПЕКУ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ УПРАВЛІННЯ КРИТИЧНИМИ ОБ'ЄКТАМИ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ О. М. Горобченко, Г. М. Голуб, В. І. Мацюк, О. В. Неведров.....	38
БАГАТОПАРАМЕТРИЧНІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ПРОЦЕДУРИ ДІАГНОСТУВАННЯ ЗА НЕПОВНИМИ ТА ЗБУРЕНИМИ ДАНИМИ В.В. Скалозуб, В.М. Горячкін, І.А. Терлецький.....	42

**СЕКЦІЯ 2 «ТЕХНОЛОГІЇ ІНДУСТРІЯ 4.0 В ОСВІТІ ТА ПРОМИСЛОВОСТІ»**

ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ПІДХОДІВ INDUSTRY 4.0 В УПРАВЛІННЯ ЛОКОМОТИВНИМ ПАРКОМ ЗАЛІЗНИЦЬ Б.Є. Боднар, О.Б. Очкасов, В. Петренко.....	49
ВІЙСЬКОВА ЛОГІСТИКА В ІНДУСТРІЇ 4.0 І. С. Остапенко, О. І. Шапгала .....	54
RISKS IN THE LOGISTICS SYSTEM OF INDUSTRIAL ENTERPRISES Wiesław Waszkielewicz, Dmytro Kozenkov, Vladyslava Kozenkova.....	60
ВПРОВАДЖЕННЯ 3D-ТЕХНОЛОГІЇ ДРУКУ ЯК ОДНОГО З ЕТАПІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ЛАНЦЮГА ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ А.П. Герасимчук, С.В. Бончук, С.Л. Негруб, В.О. Коваленко.....	64
ЗРОСТАННЯ МАСШТАБІВ ПОРУШЕННЯ АВТОРСЬКИХ ПРАВ У ЦИФРОВОМУ СЕРЕДОВИЩІ Гордєєва І.О.....	71
МОДЕЛЮВАННЯ БАГАТОЕТАПНИХ ПРОЦЕСІВ ГУМАНІТАРНОЇ ЛОГІСТИКИ С.В. Дзюба, Л.С. Коряшкіна, Д.Г. Кругліков .....	74
USING THE DIGITAL TWINS IN METALLURGY O.V. Zhadanos, I.V. Derevianko.....	80
ІНФОРМАЦІЙНІ ТА КОМП'ЮТЕРНО ТРЕНАЖЕРНІ КОМПЛЕКСИ ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ С. М. Сухай, А. В. Булгаков.....	89

**СЕКЦІЯ 3 «ЛОГІСТИКА ТА ІНЖИНІРИНГ КРИЗ І РИЗИКІВ У СФЕРІ  
ТРАНСПОРТНИХ ПОСЛУГ»**

НОВІ ВИКЛИКИ ДЛЯ ЗЕРНОВОЇ ЛОГІСТИКИ НА ШЛЯХУ ДО ЗЕЛЕНОЇ СТРАТЕГІЇ В УКРАЇНІ В.П. Яновська, Л.А. Некрасенко.....	94
СУЧАСНИЙ ЛАНДШАФТ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНОГО СЕКТОРУ ЕКОНОМІКИ: РОЛЬ СЕРВІСУ ТА ЦИФРОВИХ ПЛАТФОРМ В.П. Яновська, О.Г. Парфентьева .....	99
АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ РІЗНИХ ЗАСОБІВ КРІПЛЕННЯ ОЗБРОЄННЯ, ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ Є. А. Максименков, М. Ю. Кобилянський, В. В. Гудімов.....	105

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕРЕРВНОСТІ ВІЙСЬКОВИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ. БЕЗПЕКА ПІД ЧАС ВИВАНТАЖЕННЯ ВІЙСЬКОВИХ ЕШЕЛОНІВ ТА ТРАНСПОРТІВ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ БОЙОВИХ ДІЙ В.В. Гудімов, К.В. Осадчий .....	110
ПРОБЛЕМИ ПІД ЧАС ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕРЕРВНОСТІ ВІЙСЬКОВИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ. БЕЗПЕКА ПІД ЧАС НАВАНТАЖЕННЯ ВІЙСЬКОВИХ ЕШЕЛОНІВ ТА ТРАНСПОРТІВ В. В. Гудімов, Є.А. Максименков .....	118
<b>СЕКЦІЯ 4 «ТРАНСПОРТНА ІНФРАСТРУКТУРА УКРАЇНИ В УМОВАХ ВОЄННОГО ЧАСУ І ПОВОЄННОЇ ВІДБУДОВИ»</b>	
ВСТАНОВЛЕННЯ ВАРТОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ ОБ'ЄКТІВ НЕРУХОМОГО МАЙНА, ЯКЕ ЗАЗНАЛО ЗНАЧНИХ ПОШКОДЖЕНЬ ТА РУЙНУВАНЬ В. С. Андрєєв, Р. Б. Новік, О. Л. Тютькін.....	123
ЛІКВІДАЦІЯ «БАР'ЄРНИХ МІСЦЬ», ПОВ'ЯЗАНИХ З РУЙНУВАННЯМ КОЛІЇ, ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ЛОГІСТИКИ ПЕРЕВЕЗЕНЬ С. Ю. Байдак, М.А. Гусак, Р. Б. Новік, Н. П. Хмелєвська.....	126
ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ НАВЧАЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН ДЛЯ КУРСАНТІВ БУДІВЕЛЬНИХ ТА МАШИНОБУДІВНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ ПІД ЧАС ВОЄННОГО СТАНУ Д. О. Банніков.....	132
ПРОВЕДЕННЯ ІНЖЕНЕРНИХ ВИШУКУВАНЬ ЗРУЙНОВАНИХ (ПОШКОДЖЕНИХ) ТРАНСПОРТНИХ СПОРУД М. В. Гернич, І. О. Плотніков, В.О. Шалаєв.....	136
ВІДНОВЛЕННЯ АВТОМОБІЛЬНОГО МОСТОВОГО ПЕРЕХОДУ ЧЕРЕЗ Р. СІВЕРСЬКИЙ ДОНЕЦЬ ПОБЛИЗУ С. ЧЕРВОНИЙ ШАХТАР Ю. М. Горбатюк, І. І. Мартинюк, Д. А. Ярош.....	140
МОСТИ БЕЙЛІ – ІНЖЕНЕРНА ІМПРОВІЗАЦІЯ ДЛЯ ТИМЧАСОВИХ ПЕРЕПРАВ С.В. Ключник, Р.В. Шевченко, М.В. Гернич.....	144
ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВЛАШТУВАННЯ ТИМЧАСОВИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕЇЗДІВ В МІСЦЯХ ЗРУЙНОВАНИХ ШЛЯХОПРОВІДІВ О. Ф. Лужицький*, Р. В. Іванов.....	151
ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ДІЛЯНКИ АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ ЯК ЗЛІТНО-ПОСАДКОВОЇ СМУГИ ПІД ЧАС ВОЄННОГО СТАНУ О. Ф. Лужицький, С. С. Стасенко, В. В. Бердник.....	155

ВІДНОВЛЕННЯ МАЛИХ АВТОДОРОЖНІХ МОСТІВ ШЛЯХОМ ЗАМІНИ НА ВОДОПРОПУСКНІ ТРУБИ В. А. Мірошник, П. А. Овчинников.....	160
ЗАСТОСУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ БЕЗПЛОТНИХ АПАРАТІВ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ РОБІТ З РОЗМІНУВАННЯ МІСЦЕВОСТІ Г. Ю. Москальов.....	164
РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ МОБІЛЬНИХ ГАБІОННИХ КОНСТРУКЦІЙ В ХОДІ ВІДНОВЛЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ІНФРАСТРУКТУРИ Р. Б. Новік, В. В. Гудімов, М. В. Боренко .....	168
СУЧАСНИЙ СТАН ВІЙСЬКОВИХ НАПЛАВНИХ МОСТІВ У КРАЇНАХ НАТО, ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МОБІЛЬНОСТІ ТА ОБОРОНОЗДАТНОСТІ І. С. Остапенко, М. В. Гернич.....	173
ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ РЕЙОК ЗАЛІЗНИЧНОЇ КОЛІЇ А. В. Радкевич, М. А. Арбузов, О. В. Губар.....	179
ВІДНОВЛЕННЯ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ДЛЯ ПОЛПШЕННЯ ЛОГІСТИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ А. В. Радкевич, М. Б. Курган, Д. М. Курган.....	183
УЗАГАЛЬНЕННЯ ДОСВІДУ ОРГАНІЗАЦІЇ ВИКОНАННЯ РОБІТ З МОНТАЖУ ПРОГОНОВИХ БУДОВ ТИМЧАСОВИХ МОСТІВ С. В. Табала, М. В. Гернич .....	188
УКРАЇНСЬКИЙ ДОСВІД ВІДНОВЛЕННЯ МОСТОВИХ ПЕРЕХОДІВ НА АВТОШЛЯХАХ ТА ЗАЛІЗНИЦЯХ В УМОВАХ ВОЄННОГО ЧАСУ О. Л. Тютькін, Ю. М. Горбатюк.....	193
ЗАКРІПЛЕННЯ ЗСУВОНЕБЕЗПЕЧНИХ СХИЛІВ УКРАЇНИ, ЗРУЙНОВАНИХ ПІД ЧАС ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ О. Л. Тютькін, О. І. Дубінчик, В. Р. Кільдєєв.....	199

#### **СЕКЦІЯ 5 «Транспортна інженерія та галузеве машинобудування»**

ПРОБЛЕМИ ТАНКО-ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СУХОПУТНИХ ВІЙСЬК ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ ПРИ ВЕДЕННІ БОЙОВИХ ДІЙ В. К Сидоренко.....	205
УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ТЕХНІЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ДИЗЕЛЬНИХ ФОРСУНОК М. І. Капіца, А. Є. Десяк, Ю. Г. Козік.....	210

ПРО ЗАДАЧУ ВИБОРУ ПОСТАЧАЛЬНИКА ПОСЛУГ З ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ ТЕХНІКИ ПІДПРИЄМСТВА В. М. Богомаз*, С. П. Бісик, А. М. Борисенко.....	216
ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРЕОБЛАДНАННЯ АВТОМОБІЛЯ IVECO MAGIRUS 90-16 А.М. Борисенко, В.М. Богомаз.....	220
УЗАГАЛЬНЕННЯ ОСНОВНИХ ПОЛОЖЕНЬ З ОРГАНІЗАЦІЇ ТА ПОРЯДКУ РОЗГОРТАННЯ ПІДРОЗДІЛАМИ ДЕРЖАВНОЇ СПЕЦІАЛЬНОЇ СЛУЖБИ ТРАНСПОРТУ ЗБІРНИХ ПУНКТИВ ПОШКОДЖЕНИХ МАШИН ПРИ ВІДНОВЛЕННІ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ М. В. Боренко, І. Є. Крамар .....	225
МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОЗБРОЄННЯМ, ВІЙСЬКОВОЮ ТА СПЕЦІАЛЬНОЮ ТЕХНІКОЮ ЧАСТИН І ПІДРОЗДІЛІВ ДЕРЖСПЕЦТРАНССЛУЖБИ А.М. Борисенко, І.М. Щека.....	230
ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ КАНАТНИХ ДОРІГ ЗА ПИТОМОЮ ПОТУЖНІСТЮ ПРИВОДУ О. С. Куроп'ятник, С. Л. Краснощок.....	235
МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ РЕМОНТНО-ВІДНОВЛЮ- ВАЛЬНИХ ПІДРОЗДІЛІВ ЩОДО РЕМОНТУ ТА ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГО- ВУВАННЯ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ТЕХНІКИ ТА ЗАСОБІВ ІНЖЕНЕРНОГО ОЗБРОЄННЯ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ ЗАВДАНЬ ЗА ПРИЗНАЧЕННЯМ М. В. Боренко, І.Є. Крамар, І.А. Кучерук .....	243
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПРОЕКТНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ ВІБРАЦІЙНОГО КОНВЕЄРУ НА ЙОГО ТЕХНІЧНІ ПАРАМЕТРИ В. М. Богомаз, М. В. Боренко, В.О. Петрунько .....	247
МЕТОДОЛОГІЯ ПІДВИЩЕННЯ ПРОТИМІННОГО ЗАХИСТУ БОЙОВИХ БРОНЬОВАНИХ МАШИН С.П. Бісик, Л.С. Давидовський, В.М.Богомаз.....	251
ДОДАТКОВІ ПОКАЗНИКИ РЕМОНТНОПРИДАТНОСТІ НАСОСІВ ПІДЖИВЛЕННЯ АКСІАЛЬНО-ПОРШНЕВИХ ГІДРОМАШИН СИЛОВИХ РЕГУЛЬОВАНИХ ГІДРОПРИВОДІВ П. Т. Мельянцов, О. М. Лосіков.....	258

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

**МАТЕРІАЛИ ДОПОВІДЕЙ**

II Міжнародної  
науково-практичної конференції

**ЛОГІСТИКА І ТРАНСПОРТНА БЕЗПЕКА:  
ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ В КОНТЕКСТІ АНАЛІЗУ  
СУЧАСНИХ ВИКЛИКІВ І ЗАГРОЗ  
(09. 11. 2023)**

**ABSTRACTS**

II International

Scientific and Practical Conference

**"LOGISTICS AND TRANSPORT SECURITY:  
PROBLEMS AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT IN THE CONTEXT OF THE ANALYSIS OF  
MODERN CHALLENGES AND THREATS"  
(09. 11. 2023)**

Українською та англійською мовами

Видається за загальною технічною редакцією  
д.т.н., проф. Ю. С. Проїдака, М. В. Гернича.

Оригінал-макет, комп'ютерна верстка та обкладинка:  
снс О. І. Шаптала, нс І. Є. Крамар.

Текст тез доповідей учасників Конференції подано мовою оригіналу у редакції авторів.

Точка зору редакції та організаторів конференції може не співпадати з точкою зору авторів тез доповідей.

Редакція та організатори конференції не несуть відповідальності за достовірність інформації, наданої авторами у тезах доповідей

Організаційний комітет конференції:  
Український державний університет науки і технологій  
вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, Україна, 49010  
тел.: +38 (056) 373-15-96  
email: [konf.diit@gmail.com](mailto:konf.diit@gmail.com)

**ABSTRACTS**

**II INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL  
CONFERENCE**

**“LOGISTICS AND TRANSPORT SECURITY: PROBLEMS AND  
PROSPECTS OF DEVELOPMENT IN THE CONTEXT OF THE  
ANALYSIS OF MODERN CHALLENGES AND THREATS ”**

Підписано до друку 26.10.2023. Формат 60×84 1/16. Папір офсетний  
Умовн. друк. арк. 15,81. Обл. вид. арк. 17,26. Зам. № 6116.  
Наклад 15 прим.

Видавець «ФОП Середняк Т.К.», 49000, Дніпро, 18, а/с 1212  
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного  
реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів  
видавничої продукції ДК № 4379 від 02.08.2012.  
Ідентифікатор видавця в системі ISBN 8245  
49000, Дніпро, 18, а/с 1212  
тел. (096)-308-00-38, (056)-798-04-00  
E-mail: 7980400@gmail.com

Віддруковано на базі поліграфічно-видавничого центру «Кавун»  
49000, Дніпро, 18, а/с 1212  
тел. (066)-55-312-55, (056)-798-22-47  
E-mail: arbuz.in.ua@gmail.com  
www.arbuz.in.ua

