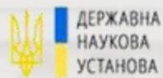




УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
UKRAINIAN STATE UNIVERSITY
OF SCIENCE AND TECHNOLOGIES



ДЕРЖАВНА СПЕЦІАЛЬНА СЛУЖБА ТРАНСПОРТУ
МІНІСТЕРСТВА ОБОРОНИ УКРАЇНИ
STATE SPECIAL TRANSPORT SERVICE
MINISTRY OF DEFENCE OF UKRAINE



ІНСТИТУТ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЗМІСТУ ОСВІТИ



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



МАТЕРІАЛИ ДОПОВІДЕЙ

III Міжнародної

науково-практичної конференції

ЛОГІСТИКА І ТРАНСПОРТНА БЕЗПЕКА:

ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

РОЗВИТКУ В КОНТЕКСТІ АНАЛІЗУ

СУЧАСНИХ ВИКЛИКІВ І ЗАГРОЗ

CONFERENCE PROCEEDINGS

The 3d International

Scientific and Practical Conference

“LOGISTICS AND TRANSPORT SECURITY:

PROBLEMS AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT IN

THE CONTEXT OF MODERN CHALLENGES AND

THREATS”

ДНІПРО
DNIPRO
2025



ДНУ «ІНСТИТУТ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЗМІСТУ ОСВІТИ»

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ

КАУНАСЬКИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ (ЛИТВА)

МІЖНАРОДНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЛОГІСТИКИ І ТРАНСПОРТУ (ПОЛЬЩА)

УНІВЕРСИТЕТ ПРИКЛАДНИХ НАУК ІМЕНІ ІВАНА ПАВЛА (БЯЛА - ПОДЛЯСКА)

ВАРШАВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ (ПОЛЬЩА)

РЕСПУБЛІКА МОЛДОВА МОЛДОВСЬКА ЗАЛІЗНИЦЯ
(*CALEA FERATĂ DIN MOLDOVA (CFM)*)

ДЕРЖАВНА СПЕЦІАЛЬНА СЛУЖБА ТРАНСПОРТУ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНА (КИЇВ)

МАТЕРІАЛИ ДОПОВІДЕЙ

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

REPORT MATERIALS

The 3d International Scientific and Practical Conference “Logistics and Transport Security: Problems and Prospects of Development in the Context of Modern Challenges and Threats”

ДНІПРО

2025

ISBN 978-617-8314-87-3 III Міжнародна науково-практична конференція «Логістика і транспортна безпека: Проблеми та перспективи розвитку в контексті аналізу сучасних викликів і загроз»

УДК 656.2:658.7(045)

За заг. ред. Ю.С. Пройдака, І.С. Остапенка, К.М. Перепелиці УДУНТ

Логістика і транспортна безпека: Проблеми та перспективи розвитку в контексті аналізу сучасних викликів і загроз [Текст]: Матеріали доповідей III - Міжнародної науково-практичної конференції «ЛОГІСТИКА І ТРАНСПОРТНА БЕЗПЕКА: ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ В КОНТЕКСТІ АНАЛІЗУ СУЧАСНИХ ВИКЛИКІВ І ЗАГРОЗ

ISBN 978-617-8314-87-3

Матеріали доповідей III - 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.

© Усі права авторів застережені, 2025

© Український державний університет науки і технологій,
кафедра військової підготовки спеціалістів
оригінал-макет, 2025

Науковий комітет:

- **Степан Гута** – заступник Голови Адміністрації Державної спеціальної служби транспорту, кандидат наук з державного управління;
- **Михайло Капіца** – директор навчально-наукового інституту "Дніпровський інститут інфраструктури і транспорту" Український державний університет науки і технологій, доктор технічних наук, професор;
- **Олександр Величко** – директор Дніпровського металургійного інституту Український державний університет науки і технологій, доктор технічних наук, професор.
- **Владислав Данішевський** – директор Навчально- наукового інституту Придніпровська Державна академія будівництва та архітектури, Український державний університету науки і технологій, доктор технічних наук, професор.
- **Ольга Свердліковська** – виконуюча обов'язки директора Навчально-наукового інституту «Український державний хіміко-технологічний університет», Український державний університету науки і технологій, доктор технічних наук, , доктор хімічних наук, професор.
- **Олександр Овчінников** – директор навчально-наукового інституту «Титан», Український державний університету науки і технологій доктор технічних наук, професор
- **Ірина Суха** – виконуюча обов'язки директора навчально-наукового інституту «Аерокосмічний інститут», Український державний університету науки і технологій, к.т.н, доцент.
- **Віктор Савченко** – директор навчально-наукового інституту «Придніпровська державна академія фізичної культури і спорту, Український державний університету науки і технологій, доктор педагогічних наук, професор.
- **Тетяна Колесникова** – директор наукової бібліотеки, Українського державного університету науки і технологій, кандидат наук із соціальних комунікацій, с.н.с.
- **Павел ВОЛЬНИ** – асистент-професор факультету процесної та екологічної інженерії Політехніка у Лодзі, д.т.н., проф. м. Лодзь, Польща..
- **Наталія Чернова** – начальник відділу міжнародних зв'язків, Український державний університет науки і технологій, к.е.н, доцент.
- **Олена Хомутова** – Начальник рекламно - виставкового відділу та інформаційної діяльності, Українського державного університету науки і технологій

Організаційний комітет

- **Юрій ПРОЙДАК**, проректор з наукової роботи Українського державного університету науки і технологій, доктор технічних наук, професор, – голова комітету,
- **Ігор ОСТАПЕНКО** – начальник кафедри військової підготовки спеціалістів Державної спеціальної служби транспорту, полковник, доктор філософії з будівництва та цивільної інженерії, – заступник голови комітету,
- **Роман РИБАЛКА** – заступник директора навчально-наукового інституту «Дніпровський інститут інфраструктури і транспорту», кандидат технічних наук, доцент, – співголова,
- **Руслан МАРКУЛЬ** – начальник науково-дослідної частини Українського державного університету науки і технологій, кандидат технічних наук, доцент, – відповідальний секретар комітету,
- **Руслан НОВІК** – заступник начальника кафедри військової підготовки спеціалістів Державної спеціальної служби транспорту з навчальної та наукової роботи, начальник навчальної частини, підполковник, – координатор програми конференції,
- **Олексій ГУБАР** – старший науковий співробітник науково–дослідної лабораторії кафедри військової підготовки спеціалістів Державної спеціальної служби транспорту, підполковник, кандидат технічних наук, доцент,– секретар комітету.

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 2025 рік: лист Державної наукової установи «Інститут модернізації змісту освіти» від 19.01.2025 р. № 21/8-53 «Про Перелік наукових конференцій з проблем вищої освіти і науки у 2025 році»

Панелі тематичних наукових дискусій

ПАНЕЛЬНА ДИСКУСІЯ 1

«КРИТИЧНА ІНФРАСТРУКТУРА В УМОВАХ ГІБРИДНИХ ЗАГРОЗ: ВИКЛИКИ ТА СТРАТЕГІЧНІ РІШЕННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ»

УДК 624.042.1

ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ НАВАНТАЖЕНЬ ВІД ДІЇ СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ УРАЖЕННЯ

Остапенко І.С.¹, PhD; Банніков Д.О.², докт. техн. наук, професор

ННІ «Дніпровський інститут інфраструктури і транспорту»

Українського державного університету науки і технологій

¹ i.s.ostapenko@ust.edu.ua, ² d.o.bannikov@ust.edu.ua

Постановка проблеми. Війна в Україні, яка триває вже майже 4 роки, перетворила країну, фактично, на полігон випробування різних видів сучасної зброї. Одними із найбільш потужних та масових з них стали повітряні засоби ураження (ЗУ), які використовуються як для нанесення шкоди наземним об'єктам, так і для ураження підземних об'єктів.

Відповідно до наявних джерел інформації [1] повітряні засоби ураження поділяються на 3 групи: ракети, безпілотні літальні апарати та авіаційні боеприпаси. Всі вони мають дуже різні тактико-технічні характеристики та призначені для виконання конкретних бойових задач. Проте в усіх випадках основними факторами ураження об'єктів є три головні:

- імпульсно-ударне навантаження від маси засобу ураження;
- надлишковий тиск вибухово-ударної хвилі при вибуху бойової частини;
- проникаюча дія уламків та оточуючих предметів від вибуху.

На тепер в світовій та у вітчизняній практиці наявні дослідження та розробки щодо впливу окремих аспектів цих факторів ураження на об'єкти різного типу. Проте в практиці виникає необхідність комплексної оцінки дії засобу ураження на захисну інженерну систему конкретного типу. При цьому виникають питання, пов'язані із існуючими теоретичними моделями формування вибухової хвилі, границь і обмежень щодо застосування таких моделей, а також їх практичного використання для наземних або підземних об'єктів. Існуюча нормативна база [2] надає доволі обмежену та спрощену інформацію стосовно визначення навантажень для окремих практичних випадків, яка до того ж не досить добре ув'язується із наявним результатами експериментальних досліджень (як наприклад, [3]).

Мета дослідження. Таким чином, при проведенні практичних розрахунків та проектуванні систем інженерного захисту виникає проблема розробки комплексного підходу для оцінки дії різних факторів ураження та його перевірка в реаліях війни. Саме таку мету переслідували автори в ході проведення наукових досліджень, пов'язаних із розробкою концепції створення підземних об'єктів подвійного призначення. Частина цієї концепції, яка охоплює основні принципи визначення дії від повітряних засобів ураження, представлена в даних матеріалах, а також в роботі [5].

Результати дослідження.

1. Імпульсно-ударне навантаження. Даний фактор ураження є домінуючим у випадку

попадання повітряного засобу ураження в об'єкт без вибуху. Такі випадки мають місце, якщо вибухова частина не підірвалася через певні причини або коли маса засобу ураження є доволі значною, що викликає необхідність оцінки ступеня пошкодження захисної конструкції. При цьому основною формою моделювання даного фактору ураження є не квазістатичне прикладання силових навантажень, а використання імпульсного підходу, запропонованого в роботі [4]. Загальна схема оцінки дії даного фактору ураження наведена на рис. 1.

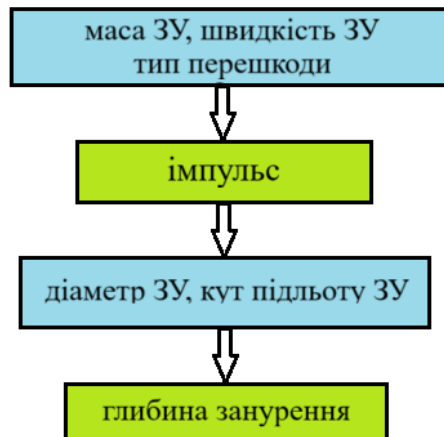


Рисунок 1 – Оцінка дії імпульсно-ударного навантаження

2. Вибухово-ударне навантаження. Даний фактор ураження є домінуючим для більшості інженерних систем захисту. Фактично, утворення надлишкового тиску повітря від підриву вибухової речовини (ВР) – є основним методом нанесення пошкоджень. Основною формою моделювання даного фактору ураження є чисельне моделювання, проте доволі точна кількісна інженерна оцінка для може бути надана на основі наступної схеми – рис. 2.



Рисунок 2 – Оцінка дії вибухово-ударного навантаження

Для наземних або надземних об'єктів для оцінки тиску в повітрі використовуються різноманітні аналітичні теорії. В теперішній час їх кількість сягає 20. Частина з них належить закордонним фахівцям, проте роботи й вітчизняних вчених відомі в усьому світі. Більшість таких моделей оперує відомостями із теплофізики та газодинаміки, однак експериментальне підтвердження витримують далеко не всі підходи. Незважаючи на доволі ґрунтовну розробку

даного питання, експериментальна перевірка залишається одним із найбільш «слабких» місць, оскільки потребує дуже точного заміру параметрів вибуху. До того ж окремо постає необхідність коректного врахування параметрів у випадку відбиття ударної хвилі від перешкоди – особливо якщо перешкода має кінцеву жорсткість. Тому все ж таки продовження досліджень в цьому напрямку, як теоретичних так і експериментальних, виявляється дуже актуальною задачею, особливо для реалій сьогодення України.

Для підземних об'єктів ситуація з оцінкою тиску виявляється ще більш складною. Основна особливість її полягає в тому, що проведення експериментальних досліджень є вкрай складним. До того ж проведення вимірів безпосередньо в ґрунтовому масиві і вимірів в ґрунтовій порожнечі, утвореній вибухом, – це дві принципово різні речі. Не слід також забувати про особливості комбінованих зарядів, які окрім частини традиційної вибухової речовини (тринітротолуолу) містять і сучасні види вибухівки. Подібні комбінації ще мають вивчатись окремо. Зважаючи на все вищевикладене, основним і найбільш інформативним джерелом оцінки дії вибухово-ударної хвилі залишається на тепер чисельне моделювання.

3. *Проникаюча дія уламків.* Даний фактор ураження часто є другорядним, особливо для об'єктів занурених в ґрунтовий масив. Тому практична оцінка його дії в першу чергу пов'язана із руйнуванням самого засобу ураження під час вибуху – рис. 3.



Рисунок 3 – Оцінка проникаючої дії уламків

Таким чином, дія сучасних повітряних засобів ураження на об'єкти інженерного захисту має складний комплексний характер. Аналітичний опис такої дії залишається складною науково-технічною задачею, в якій домінуючу роль грає експериментальна перевірка та аналіз отриманих при цьому результатів. Розв'язання такої проблеми має також носити комплексний характер із залученням сучасних засобів програмного моделювання, здатних вирішувати нелінійні задачі теплогазодинаміки із використанням достовірної інформації щодо тактико-технічних характеристик самих засобів ураження.

Висновки. Наведені алгоритми є доволі простими за своїм змістом та водночас дозволяють оцінити з достатнім ступенем вірогідності кількісну дію основних факторів ураження. З точки зору типів засобів ураження такі підходи є дуже гнучкими та універсальними – в загальному вигляді враховуються основні параметри, що потенційно впливають на характер ураження. Таким чином, представлені підходи можуть бути практично реалізовані у вигляді інженерних методик, а також можуть знайти відображення у сучасній спеціалізованій нормативній базі у військовій галузі.

Список використаних джерел

1. Основи інженерного захисту об'єктів критичної інфраструктури енергетичної галузі України від засобів повітряного нападу противника : монографія / М. В. Коваль та ін.; під ред. А. С. Білика. Київ: Ліра-К, 2023. 185 с.

2. ДБН В.2.2-5:2023. Захисні споруди цивільного захисту зі Зміною № 1. Чинний від 2023-11-01. Вид. офіц. Київ : Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України,

2023. 124 с.

3. Протокол натурних експериментальних випробувань захисних властивостей конструкцій з пінобетону під впливом повітряних ударних хвиль // ДП «ДНДІБК». Київ, 2024. 41 с.

4. Тютюкін А. Л. Теоретичні основи комплексного аналізу тунельних конструкцій : монографія. Дніпро : Журфонд, 2020. 260 с.

5. Bannikov D. O., Misiura Ye. A. Design features of protective anti-drone shields. *Сучасні будівельні конструкції з металу та деревини*. 2025. Вип. 29. С. 5-14.

УДК 623.1/3

АНАЛІЗ ПІДВИЩЕННЯ ЖИВУЧОСТІ ПІДРОЗДІЛІВ В РЕЗУЛЬТАТІ ВИКОРИСТАННЯ МОБІЛЬНИХ СТАЛЕВИХ УКРИТТІВ ДЛЯ ЗАХИСТУ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ.

Москальов Г.Ю.¹, аспірант, Хрипко І.С. здобувач освіти

¹Каф. «Військової підготовки спеціалістів Держспецтрансслужби», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта gennadiji-moskalev@i.ua, ²Каф. «Військової підготовки спеціалістів Держспецтрансслужби», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта ivan.khrippo@gmail.com

Постановка проблеми. Сучасні темпи ведення війни та застосування великого обсягу боєприпасів, а також безпілотних літальних апаратів потребують постійного розвитку фортифікаційних споруд. Досвід війни спонукає до вивчення та створення мобільних та водночас надійних конструкцій. Головним завданням постає збереження життя особового складу в умовах постійного вогневого контролю противником. В польовій фортифікації [1, с. 157-158] існують конструкції за допомогою яких влаштовуються укриття типу “лисячих нор”. Вони виготовляються з дерев’яних елементів, підручних засобів і матеріалів. Такі конструкції мають низьку здатність до захисту від непрямой дії вогню противника. Для підвищення живучості підрозділів можливо застосувати мобільне збірно-розбірне укриття виготовлене з металоконструкцій.

Мета дослідження. Здійснивши аналіз розвитку фортифікаційних споруд ХХ століття, можливо побачити тенденцію в будівництві щодо розосередження фортифікаційних споруд для захисту особового складу на опорному пункті підрозділу[2, с. 204-207]. Такі сховища будувалися для 10-30 осіб, потребували значної кількості часу і ресурсів для їх зведення. В подальшому, такі споруди ставали менші за розмірами. Будівництво споруд здійснювалося з конструкцій спрощеного типу. Зі зміною тактики і швидкості застосування підрозділів при влаштуванні споруд для захисту особового складу все більше починають застосовувати легкі мобільні конструкції та споруди габійного типу [3, с. 30-31]. Конструкція споруд, що застосовувались для будівництва польової фортифікації не мають розрахункового обґрунтування, форми і розміри їх визначалися виходячи з досвіду попереднього використання. Тому дане дослідження має на меті:

1. Перевірити розрахунком на міцність збірно-розбірну металеву конструкцію для захисту особового складу;

2. Провести аналіз підвищення живучості підрозділів в результаті використання індивідуального укриття;
3. Запропонувати альтернативні напрями використання мобільного укриття.

Результати дослідження. 1. Перевірка розрахунком на міцність збірно-розбірної металевої конструкції для захисту особового складу.

Пропонується збірно-розбірна металева конструкція, що представляє собою сталевий паралелепіпед (без передньої стінки), каркас якого складається з коробчастого профілю 15x15x1мм до якого кріпляться металеві листи 2x800x2000мм та 2x800x800мм. Габаритні розміри зібраної конструкції 2000x800x800 мм. Для дослідження напружено-деформованого стану конструкції мобільного укриття використано метод скінчених елементів (МСЕ). Розрахунки проводилися в програмному комплексі Structure CAD (SCAD) [4, 5]. Суть МСЕ полягає в дискретизації конструкції, тобто розбитті її на малі елементи скінчених розмірів, які з'єднуються у вузлових точках. У даній роботі для моделювання укриття використано стержньові та пластинчаті скінчені елементи. Розрахунки виконані за першим граничним станом під дією вертикального розподіленого навантаження від тиску насипного ґрунту, що відповідає глибині 1,2 м розміщення горизонтального листа конструкції.

Визначаємо об'єм ґрунту, що створює тиск на горизонтальний лист конструкції
 $V = a \times b \times h = 2,0 \times 0,8 \times 1,2 = 1,92 \text{ м}^3$, де питома вага $\gamma = 1,3 \text{ т/м}^3$, $a = 2,0 \text{ м}$, $b = 0,8 \text{ м}$, $h = 1,2 \text{ м}$.

Маса ґрунту $m = V \times \gamma = 1,92 \times 1,3 = 2,5 \text{ т}$

Вага ґрунту $F = m \times g = 2,5 \times 9,81 = 25,5 \text{ кН}$

Розподілене навантаження $P = \frac{F}{S} = \frac{25,5}{1,6} = 16,0 \text{ кН/м}^2$

Приймаємо до розрахунку розподілене навантаження 16,0 кН/м².

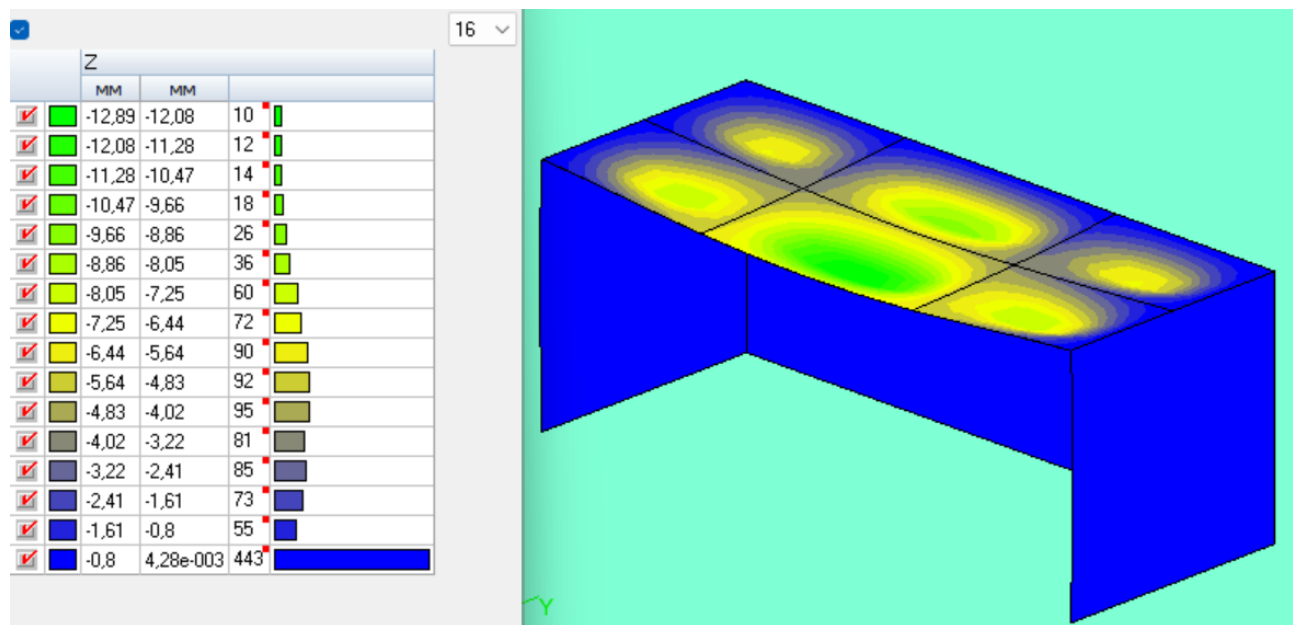
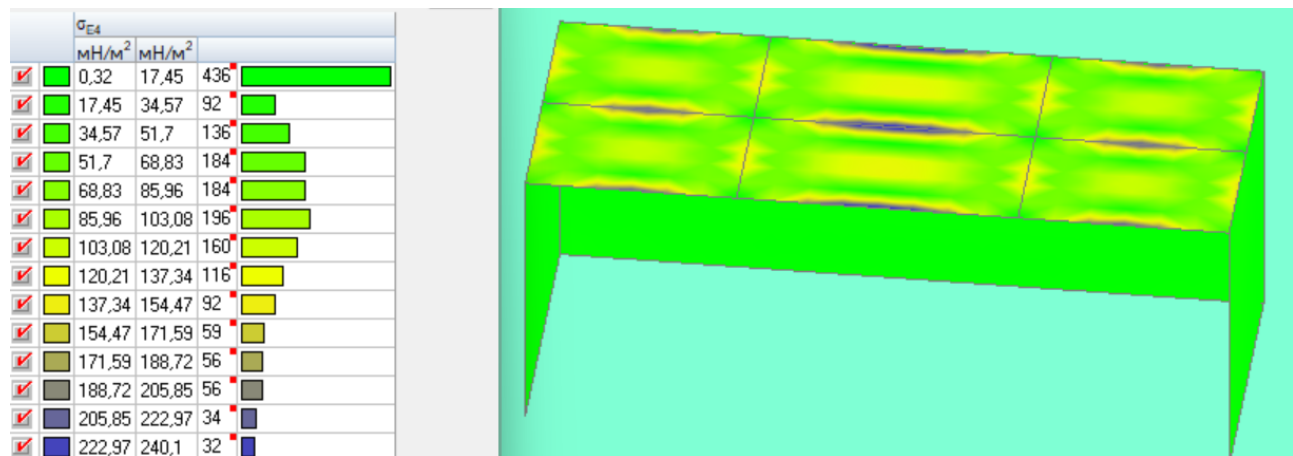


Рисунок. 1 Загальний вигляд переміщень моделі

Джерело: модель розроблено авторами



*Рисунок.2 Загальний вигляд напружень
Джерело: модель розроблено авторами*

Аналіз результатів показав, що максимальні еквівалентні напруження (за 4-ю теорією міцності) в елементах конструкції становлять 223 МПа (фіолетові ділянки на рис.2). Це значення не перевищує границю текучості сталі Ст.3 (245 МПа) [6, с. 5], що свідчить про достатню міцність конструкції для використання за призначенням під розрахунковим навантаженням.

2. Аналіз підвищення живучості підрозділів в результаті використання індивідуального укриття:

- Для підвищення живучості кожного солдата окремо, а підрозділу в цілому, доцільно розміщувати запропоновані індивідуальні укриття поряд з місцем ведення вогню;
- Час на влаштування індивідуального укриття кожним солдатом складає 1,5 години від початку зайняття позиції для ведення вогню, в той же час влаштування групового укриття(перекритої щілини, бліндажу) вимагає значно більшого терміну часу (до 2,5 години для перекритої щілини);
- Таке розміщення радикально зменшує час на зайняття укриття при раптовому нанесенні ствольного, мінометного чи ракетного залпового вогню, скидів та інших засобів ураження з БпЛА(до 5-7 секунд) у порівнянні з груповим. Для зайняття місця в груповому укритті в середньому не менше 1 хвилини;
- Таке розміщення забезпечує розосередження особового складу на площі, яку займає опорний пункт підрозділу;
- Конструкція укриття розбірна дозволяє багаторазове використання;
- Вага комплексу укриття близько 70 кг, може переноситися і збиратися одним солдатом.

3. Альтернативні напрями використання мобільного укриття:

- Можливість використання індивідуального укриття для надання домедичної та першої медичної допомоги у відносно безпечному місці. Габарити укриття дозволяють

- розмістити раненого на повен зріст. При відсутності медичного пункту і можливості евакуації ранених – тимчасовий медичний пункт.
- Додатковий простір для захисту боекомплекту та матеріальних цінностей від засобів ураження противника.

Висновок: Запропоноване мобільне укриття перевірене розрахунком і може використовуватися для захисту особового складу за умови вищевказаного навантаження.

Дана конструкція не розрахована на пряме попадання артилерійського снаряду чи еквівалентного зовнішнього навантаження, але ефективна для захисту від первинних і вторинних уламків засобів озброєння противника; значно зменшує вплив тиску вибухової хвилі(особливо з використанням бічних щитів) та підвищує живучість підрозділу.

Список використаних джерел

1. ПТКП 11-92(298): Керівництво “Військові фортифікаційні споруди”, затверджена наказом Головнокомандувача Збройних сил України №345 від 17 липня 2025 року.Київ:КСП,2025. 345с.
2. Рудик О. І. Зміна підходів до будівництва довготривалої фортифікації наприкінці XIX – на початку XX ст. Наукові праці історичного факультету Запорізького національного університету. 2014. Вип. 39. С. 204–207.
3. Field Manual. FM 5-103: Survivability. Headquarters Department of the Army. Washington, DC, 10 June 1985.
4. Будівельна механіка. Комп’ютерні технології і моделювання: підручник / В. А. Баженов, А. В. Перельмутер, О. В. Шишов; за заг. ред. В. А. Баженова. Київ : ПАТ «ВІПОЛ», 2013. 896 с.
5. SCAD Soft. URL: <https://scadsoft.com> (дата звернення: 10.10.2025).
6. ДСТУ 8803:2018. Прокат товстолистовий з вуглецевої сталі звичайної якості. Технічні умови: [На заміну ГОСТ 14637–89 (ИСО 4995-78); чинний від 01.01.2019]. Наказ Державного підприємства «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» від 21 вересня 2018 р. № 333. Вид «УкрНДНЦ», 2018. 15 с.

УДК 624.014

ОСОБЛИВОСТІ ЗАХИСТУ ОБ’ЄКТІВ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В УМОВАХ СУЧАСНИХ ЗАГРОЗ

Банніков Д.О.¹, докт. техн. наук, професор; **Місюра Є.А.**², аспірант
*ННІ «Дніпровський інститут інфраструктури і транспорту»
Українського державного університету науки і технологій*
¹ d.o.bannikov@ust.edu.ua, ² udgine200933@gmail.com

Постановка проблеми. Забезпечення надійного захисту критично важливих об’єктів

інфраструктури є пріоритетним завданням державної безпеки України [1]. Транспортна інфраструктура (залізниці, мости, транспортні вузли, електричні підстанції, рухомий склад тощо) належить до ключових секторів критичної інфраструктури держави, що потребують особливого захисту. В сучасних умовах військової агресії спостерігається зростання кількості загроз для цих об'єктів. Однак, в Україні наразі відсутній єдиний дієвий механізм запобігання надзвичайним ситуаціям на об'єктах критичної інфраструктури [2]. Це зумовлює необхідність пошуку ефективних практичних рішень для підвищення стійкості транспортної інфраструктури до існуючих загроз.

Мета дослідження. Метою дослідження є аналіз актуальних загроз для об'єктів транспортної критичної інфраструктури та обґрунтування ефективних заходів захисту залізничної інфраструктури, як основної, і пов'язаних з нею енергетичних об'єктів в сучасних умовах.

Результати дослідження. В сучасних умовах бойових дій основною загрозою для залізничної транспортної інфраструктури є повітряні атаки різними видами ракет, а також ударними безпілотними літальними апаратами (БпЛА). Внаслідок повітряних атак, пошкоджень зазнають основні об'єкти залізничної інфраструктури – залізничні вокзали, залізничні вузли, електричні підстанції, рухомий склад (рис. 1). Тому актуальним є питання впровадження ефективних засобів їх захисту.



Рисунок 1 – Результати руйнування об'єктів залізничної інфраструктури внаслідок повітряних атак

Окрім активних засобів (засобів радіоелектронної боротьби, засобів протиповітряної оборони (ППО)), особливу увагу в сучасних умовах приділяється пасивному захисту об'єктів критичної інфраструктури. Одними з основних таких об'єктів є електричні підстанції, від яких залежить робота транспорту (наприклад, тягових підстанцій залізниці) та енергопостачання регіонів. На таких об'єктах впроваджується багаторівнева система інженерного захисту. Перший рівень – це відносно прості та дешеві конструкції, зокрема бетонні блоки або габіони, заповнені піском, що розміщуються довкола трансформаторів та розподільчих пристроїв. Вони слугують захистом від осколків снарядів і вибухової хвилі малої сили. Другий рівень – масивні залізобетонні укриття та екрани, здатні витримати влучання БпЛА та захистити обладнання від уламків ракет (рис. 2). Такі капітальні споруди встановлюються навколо найбільш критичних

елементів підстанцій (силові трансформатори, розподільчі шафи), що істотно знижує шкоду від вибухів поблизу [3]. Практичний досвід засвідчив, що пасивний захист на енергооб'єктах реально допоміг врятувати частину обладнання під час масованих обстрілів: укриття брали на себе ударну хвилю та осколки, мінімізуючи ушкодження апаратури. Проте навіть найпотужніші стаціонарні укриття не гарантують цілісності об'єкта при прямому влучанні високоточних боеприпасів.

Повний захист усіх елементів інфраструктури суто пасивними засобами наразі неможливий і є технічно та економічно обмеженим [4]. Тому поряд із пасивним захистом об'єктів критично важливо реалізовувати активні заходи безпеки: засоби ППО для прикриття від ракетних ударів, ефективну охорону та систему виявлення загроз на ранніх стадіях тощо. Лише поєднання інженерної міцності та активного спостереження і реагування забезпечить комплексну безпеку транспортної критичної інфраструктури.



Рисунок 2 – Приклади влаштування захисту першого та другого рівнів

Враховуючи динаміку загроз, необхідне впровадження системного підходу до захисту: планування заходів на основі аналізу і класифікації ризиків [5, 6], регулярне випробування нових технологій захисту та коригування стратегії безпеки відповідно до актуальних викликів. Подальші роботи доцільно зосередити на вдосконаленні методів оцінювання ризиків для конкретних типів об'єктів та пошуку оптимального співвідношення пасивних і активних засобів захисту, а також вони мають бути спрямовані на оптимізацію конструкцій [7, 8], стандартизацію методик розрахунків тощо.

Висновки. Проведене дослідження підтвердило, що об'єкти транспортної критичної інфраструктури України перебувають під впливом високих ризиків у сучасних умовах. Запропоновано комплекс пасивних заходів захисту, реалізація яких здатна підвищити стійкість

залізничної інфраструктури та електричних підстанцій до існуючих загроз. Водночас пасивні інженерні заходи мають обмеження та повинні доповнюватися активними засобами безпеки та оперативним реагуванням. Реалізація запропонованих підходів у практиці підвищить живучість та безперервність функціонування транспортної критичної інфраструктури України в умовах існуючих та потенційних загроз.

Список використаних джерел

1. Закон України Про критичну інфраструктуру від 2023 р. № 1882-IX : станом на 01.01.2024, підстава – 1909-IX. (Розділ III, Статті 8,9,10,11). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1882-20#Text> (дата звернення: 06.11.2025).
2. Хрутьба В. О., Зюзюн В. І., Неведров Д. С. Огляд науково-теоретичних аспектів безпеки об'єктів критичної інфраструктури транспорту. *Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами*. 2019. № 2 (1327). С. 60–65.
3. Основи інженерного захисту об'єктів критичної інфраструктури енергетичної галузі України від засобів повітряного нападу противника : монографія / М. В. Коваль та ін. Київ : Генеральний штаб збройних сил України, 2023. 185 с.
4. Красіков М. "Повний захист усіх об'єктів — наївна думка": як Росія веде війну проти українських ТЕЦ // Фокус, 15.10.2025. URL: <https://focus.ua/uk/eksklyuzivny/728765-rosiya-atakuye-naftogaz-chomu-povniy-zahist-energetiki-nemozhliivy#:~:text=%E2%80%94%20%D0%BF%D1%96%D0%B4%D0%BA%D1%80%D0%B5%D1%81%D0%BB%D1%8E%D1%94%20%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%80%D1%82> (дата звернення: 06.11.2025).
5. Мурасов Р. К. Метод оцінювання ризиків для об'єктів критичної інфраструктури в умовах бойових дій з урахуванням їх деструктивно-кумулятивного потенціалу. *Journal of Scientific Papers Social development & Security*. 2023. Vol. 13, No 1. P. 152-160.
6. Магдисюк С. В. Ризики критичної інфраструктури країни. *Бізнес Інформ*. 2024. № 4. С. 300–306.
7. Банніков Д. О., Нікіфорова Н. А., Косячевська С. М. Сучасний стан класифікації транспортних будівельних конструкцій в Україні. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*. 2022. № 21. С. 35-43.
8. Hezentsvei Yu., Bannikov D. Effectiveness Evaluation of Steel Strength Improvement for Pyramidal-Prismatic Bunkers. *Eureka: Physics and Engineering*. 2020. No. 2 (27). P. 30-38.

УДК 343.3

КРИМІНАЛЬНО-ПРАВОВИЙ ЗАХИСТ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В УКРАЇНІ: ПИТАННЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ ЧИННОГО ЗАКОНОДАВСТВА

Примаченко В.Ф.¹, к. ю. н., доц.

Центр досліджень,

Державна спеціальна служба транспорту

¹ primacenkovitalij@gmail.com

Постановка проблеми. Хронологічно для України стабільність функціонування критичної інфраструктури набула першої найбільш загрозливої форми із початком військових дій на сході нашої держави і паралельній ескалації терористичних загроз у цілому світі. У 2022 році з початком

повномасштабного вторгнення російської федерації на територію України уся критична інфраструктура нашої держави опинилася під постійною загрозою та систематичним атаками неї, що відповідно викликає нагальну потребу у максимально ефективному реагуванні на виклики у цій сфері та підвищенні стійкості критичної інфраструктури країни усіма можливими способами. І тут слід відзначити, що вирішення цих питань перебуває не лише у площині прийняття та реалізації суто технічних рішень, а потребує набагато ширшого комплексного підходу.

Як вірно відзначають Ситник Г. П. та Андреев С. О. не може бути сумніву, що практична реалізація пріоритетів Стратегії національної безпеки України передбачає не тільки виконання низки організаційних, правових, інженерно-технічних та інших заходів щодо забезпечення безпеки критичної інфраструктури, а й пов'язана із необхідністю адекватного реагування на значний спектр загроз національній безпеці тобто стосується захисту життєво важливих національних інтересів України. Це означає, що відповідні заходи мають бути інтегровані у загальну діяльність держави щодо забезпечення політичної, воєнної, енергетичної, інформаційної, техногенної та інших складових національної безпеки, а це, в свою чергу, зумовлює залучення до вказаної діяльності практично всіх суб'єктів забезпечення національної безпеки: від органів державної влади та органів місцевого самоврядування до підприємств, установ, організацій та фізичних осіб [1, с. 118].

У даному контексті, як вбачається, важливе місце належить і законотворчій діяльності і не лише щодо створення спеціальних законодавчих актів, які не направлені на захист критичної інфраструктури України, а й відносно створення відповідної системи її кримінально-правової охорони. Дане положення також цілком узгоджується із загальним поняттям «захист критичної інфраструктури України», яке дається у Зеленій книзі з питань захисту критичної інфраструктури в Україні і визначається, як комплекс заходів, реалізований в нормативно-правових, організаційних, технологічних інструментах, спрямованих на забезпечення безпеки та стійкості критичної інфраструктури [2].

Мета дослідження. Виявити та розглянути основні проблеми кримінально-правового захисту критичної інфраструктури України та запропонувати правові засоби їх усунення.

Результати дослідження. У Кримінальному кодексі України (далі – КК України) передбачено ряд статей, що встановлюють кримінальну відповідальність за посягання на ту чи іншу критичну інфраструктуру України. Звичайно диспозиції цих кримінально-правових норм є бланкетними, тобто відсилають до інших нормативно-правових актів з метою встановлення на яку конкретно інфраструктуру було здійснено злочинне посягання, і вже виходячи із цього можна говорити чи було кримінальне правопорушення вчинено саме щодо критичної інфраструктури чи ні. Тут звичайно постає питання що розуміти під критичною інфраструктурою і які об'єкти конкретно до неї відносяться.

Відповідно до п. 9, п. 13 ст. 1 Закону України «Про критичну інфраструктуру» від 16 листопада 2021 року критична інфраструктура – сукупність об'єктів критичної інфраструктури. Об'єкти критичної інфраструктури – об'єкти інфраструктури, системи, їх частини та їх сукупність, які є важливими для економіки, національної безпеки та оборони, порушення функціонування яких може завдати шкоди життєво важливим національним інтересам [3].

Як зазначається у ст. 8 зазначеного вище закону віднесення об'єктів до критичної інфраструктури здійснюється в порядку, встановленому Кабінетом Міністрів України.

Віднесення банків, інших об'єктів, що здійснюють діяльність на ринках фінансових послуг, державне регулювання та нагляд за діяльністю яких здійснює Національний банк України, платіжних організацій, учасників платіжних систем, операторів послуг платіжної інфраструктури здійснюється в порядку, встановленому Національним банком України.

Віднесення об'єктів до критичної інфраструктури, що здійснюють діяльність на ринках послуг, державне регулювання та нагляд за діяльністю яких здійснюють державні органи, здійснюється в порядку, встановленому такими державними органами.

Віднесення об'єктів до критичної інфраструктури здійснюється за сукупністю критеріїв, що визначають їх соціальну, політичну, економічну, екологічну значущість для забезпечення оборони країни, безпеки громадян, суспільства, держави і правопорядку, зокрема для реалізації життєво важливих функцій та надання життєво важливих послуг, свідчать про існування загроз для них, можливість виникнення кризових ситуацій через несанкціоноване втручання в їх функціонування, припинення функціонування, людський фактор чи природні лиха, тривалість робіт для усунення таких наслідків до повного відновлення штатного режиму.

До таких критеріїв належать:

- 1) виконання функцій із забезпечення життєво важливих національних інтересів;
- 2) існування викликів і загроз, що можуть виникати щодо об'єктів критичної інфраструктури;
- 3) ймовірність завдання значної шкоди нормальним умовам життєдіяльності населення;
- 4) уразливість таких об'єктів, тяжкість можливих негативних наслідків, внаслідок чого буде заподіяна значна шкода здоров'ю населення (визначається кількістю постраждалих, загиблих та осіб, які отримали значні травми, а також чисельністю евакуйованого населення); соціальній сфері (руйнація систем соціального захисту населення і надання соціальних послуг, втрата спроможності держави задовольнити критичні потреби суспільства); державному суверенітету (зниження обороноздатності, дискредитація іміджу країни, дестабілізація системи державного управління та унеможливлення виконання державою своїх функцій); економіці (вплив на внутрішній валовий продукт, розмір економічних втрат, як прямих, так і непрямих); природним ресурсам загальнодержавного та місцевого значення;
- 5) масштабність негативних наслідків для держави, які впливають на діяльність стратегічно важливих об'єктів для кількох секторів життєзабезпечення чи призводять до втрати унікальних національно значущих активів, систем і ресурсів, матимуть тривалі наслідки для держави і позначаються на діяльності ряду інших секторів;
- 6) тривалість ліквідації таких наслідків та дія подальшого негативного впливу на інші сектори держави;
- 7) вплив на функціонування суміжних секторів критичної інфраструктури.

Об'єкти критичної інфраструктури, що не можуть належати:

фізичним і юридичним особам - громадянам та/або резидентам держави, визнаної Верховною Радою України державою-агресором, або кінцевими бенефіціарними власниками яких є громадяни держави, визнаної Україною державою-агресором або державою-окупантом;

юридичним особам, зареєстрованим згідно із законодавством держав, включених FATF до списку держав, що не співпрацюють у сфері протидії відмиванню доходів, одержаних злочинним шляхом, а також юридичним особам, 50 і більше відсотків статутного капіталу яких належать прямо або опосередковано таким особам, протягом року підлягають відчуженню [3].

У КК України такий термін як «критична інфраструктура» не використовується. Лише у ст. 259 КК України «Завідомо неправдиве повідомлення про загрозу безпеці громадян, знищення чи пошкодження об'єктів власності» та ст. 360 КК України «Умисне пошкодження або руйнування телекомунікаційної мережі» вказується термін «критично важливі об'єкти інфраструктури», але ці об'єкти, стосуються виключно сфери кібербезпеки та не означають критичну інфраструктуру загалом. Кримінальна відповідальність за посягання на критичну інфраструктуру і інших випадках буде наступати за загальні склади кримінальних правопорушень, наприклад такі як: ст. 113 «Диверсія», ст. 194 «Умисне знищення або пошкодження майна», ст. 196 «Необережне знищення або пошкодження майна», 258 «Терористичний акт», ст. 361 «Несанкціоноване втручання в роботу електронно-обчислювальних машин (комп'ютерів), автоматизованих систем, комп'ютерних мереж чи мереж електрозв'язку та інші. Тобто, диференціація кримінальної відповідальності за злочини проти критичної інфраструктури є досить недостатньою. Звичайно є окремі склади кримінальних правопорушень, які є спеціальними складами і передбачають кримінальну відповідальність за суспільно небезпечні діяння, направлені переважно на охорону об'єктів критичної інфраструктури, як наприклад у ст. 194¹ «Умисне знищення об'єктів електроенергетики».

Висновки. Засобів диференціації кримінальної відповідальності у Загальній частині КК України звичайно є досить багато і їх можна застосовувати за певних обставин при диференціації кримінальної відповідальності за кримінальні правопорушення вчинені проти критичної інфраструктури України. Однак, у даному випадку доцільно було б використовувати більш широко і засоби диференціації кримінальної відповідальності, передбачені у Особливій частині КК України. На сьогодні можна говорити лише про наявність спеціальних складів злочинів, таких як передбачений у ст. 194¹ КК України. Конкретно ж пропонується встановити у визначених складах відповідні кваліфікуючі ознаки. А саме в ряд складів кримінальних правопорушень, що гіпотетично можуть посягати на критичну інфраструктуру України необхідно ввести таку кваліфікуючу ознаку, як вчинення чи не вчинення певних дій, що завдали шкоди або поставили під загрозу заподіяння такої шкоди об'єктам критичної інфраструктури України. Така новація, як видається не лише поглибить диференціацію кримінальної відповідальності за ці злочини, а й посилить кримінально-правовий захист критичної інфраструктури України.

Список використаних джерел

1. Ситник Г.П., Андреев С.О. Про деякі актуальні питання захисту критичної інфраструктури в Україні. *Науково-інформаційний вісник Академії національної безпеки*. 2015. Вип. 3–4 (7–8) с. 116–131.
2. Зелена книга з питань захисту критичної інфраструктури в Україні. URL: http://www.niss.gov.ua/public/File/2015_table/Green%20Paper%20on%20CIP_ua.pdf (дата звернення 23.10.2025).

3. Про критичну інфраструктуру : Закон України від 16 листопада 2021 р. № 1882-IX / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1882-20#Text> (дата звернення 23.10.2025).

УДК 338.45:658.14(477):351.863

РОЛЬ ПІДПРИЄМСТВ З ІНОЗЕМНИМИ ІНВЕСТИЦІЯМИ У ЗМІЦНЕННІ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ В УМОВАХ ГІБРИДНИХ ЗАГРОЗ

Чернова Н.С. ¹, к.е.н., доц.; **Воробйов Ю.Я.** ², аспірант
ННІ «Дніпровський інститут інфраструктури і транспорту»
Українського державного університету науки і технологій
¹ n.s.chernova@ust.edu.ua, ² yurka48@yahoo.com

Постановка проблеми. В умовах триваючої війни та зростання масштабів гібридних загроз питання забезпечення стійкості та захисту критичної інфраструктури України набуває стратегічного значення. Системи енергозабезпечення, транспорту, зв'язку, промислового виробництва і логістики зазнають постійних ризиків фізичного та кібернетичного впливу. У цих умовах підприємства з іноземними інвестиціями виступають важливими суб'єктами економічної стійкості держави, оскільки володіють доступом до інноваційних технологій, управлінських практик, фінансових ресурсів і міжнародних партнерств. Однак механізми інтеграції таких підприємств у національну систему захисту критичної інфраструктури залишаються недостатньо розробленими. Виникає потреба у визначенні ролі, потенціалу та напрямів залучення підприємств з іноземним капіталом до процесів модернізації, цифровізації та підвищення безпеки ключових секторів економіки України.

Мета дослідження. Метою дослідження є визначення ролі та потенціалу підприємств з іноземними інвестиціями у зміцненні критичної інфраструктури України, а також обґрунтування напрямів їх ефективної інтеграції в систему національної економічної безпеки в умовах воєнних і гібридних загроз. Особлива увага приділяється аналізу механізмів партнерства між державним сектором та підприємствами з іноземним капіталом у сферах енергетики, транспорту, логістики та промисловості для забезпечення стійкості, технологічного оновлення та післявоєнного відновлення інфраструктури.

Результати дослідження. В умовах повномасштабної війни Україна зіткнулася з безпрецедентним рівнем руйнування об'єктів критичної інфраструктури, що зумовило необхідність пошуку ефективних інструментів її відновлення, захисту та модернізації [4]. Одним із таких інструментів є активне залучення підприємств з іноземними інвестиціями, які виступають каталізатором технологічного розвитку, джерелом фінансових ресурсів і каналом міжнародного досвіду [6]. Їхня діяльність сприяє не лише економічному відновленню, а й формуванню нової моделі управління інфраструктурними ризиками, що відповідає стандартам ЄС і НАТО [10].

Аналіз сучасного стану показав, що за даними Національного банку України [1], у 2024 році приплив прямих іноземних інвестицій (ПІІ) становив близько 3,3 млрд дол. США, що на 25 %

менше, ніж у 2023 році [3]. Основними країнами-інвесторами залишаються Кіпр (26,1 %), Нідерланди (22,6 %), Швейцарія (6,2 %), США (5,1 %) та Німеччина (3,7 %) [5]. Незважаючи на скорочення загального обсягу інвестицій, частка фінансування у стратегічних секторах — енергетиці, транспорті, логістиці, будівництві та ІТ — демонструє стабільне зростання [2].

Таблиця 1

Динаміка та структура прямих іноземних інвестицій в Україну у 2023–2024 рр.

Показник	2023 р.	2024 р.	Зміна
Загальний приплив ПІІ	4,4 млрд дол.	3,3 млрд дол.	–25 %
Частка Кіпру	27,8 %	26,1 %	–1,7
Частка Нідерландів	21,5 %	22,6 %	+1,1
Частка Швейцарії	5,9 %	6,2 %	+0,3

(сформовано на основі джерел [1], [2], [3])

За даними Kyiv School of Economics, сукупні збитки інфраструктури України станом на червень 2023 р. перевищили 150,5 млрд дол. США, з яких 36,6 млрд дол. припадає на транспортно-логістичний сектор [4]. Це свідчить про колосальний потенціал для залучення підприємств з іноземними інвестиціями до процесів відбудови та технологічного оновлення інфраструктурних систем.

Підприємства з іноземним капіталом демонструють вищий рівень адаптивності до гібридних загроз завдяки налагодженим системам ризик-менеджменту, кіберзахисту, диверсифікації постачань і прозорим корпоративним практикам управління [6].

Приклади ефективної участі підприємств з іноземним капіталом:

1. DTEK Group (Нідерланди – Україна) — впровадження цифрових енергомереж і систем моніторингу для підвищення стійкості енергетичної інфраструктури [6].
2. ArcelorMittal Kryvyi Rih (Люксембург) — реалізація програм енергоефективності, модернізації металургійного виробництва, підвищення промислової безпеки [7].
3. DP World TIS Pivdennyi (ОАЕ) — створення нових логістичних хабів і мультимодальних маршрутів для підтримки експорту в умовах блокади портів [8].
4. Coca-Cola HBC Ukraine (Швейцарія) — оптимізація систем постачання, створення альтернативних ланцюгів логістики та підвищення енергоефективності виробництва [9].

Підприємства з іноземними інвестиціями виступають драйверами цифрової трансформації критичної інфраструктури — впроваджують BIM-технології, системи цифрового моделювання, кіберзахисту, автоматизованого моніторингу технічного стану об'єктів [10]. Це сприяє підвищенню технологічної незалежності та прозорості управління в енергетичних, транспортних і промислових системах.

Економічна присутність таких підприємств забезпечує до 15 % ВВП промисловості, понад 20 % експорту і близько 300 тис. робочих місць [3]. Регіони з високою концентрацією іноземного капіталу — Дніпропетровська, Київська, Львівська, Одеська області — демонструють швидше відновлення виробничої та логістичної інфраструктури [2].

Разом із тим, дослідження виявило низку бар'єрів [10]:

1. відсутність єдиної державної політики щодо залучення підприємств до системи захисту критичної інфраструктури;
2. обмежений обмін інформацією між приватним сектором і державними органами у сфері кібербезпеки;
3. складність доступу до фінансових інструментів ЄБРР і ЄІБ для середніх компаній [10];
4. недостатня координація між відомствами у сфері кризового управління [10].

Водночас позитивним трендом є розвиток державно-приватного партнерства (ДПП): у 2024 р. реалізується понад 30 проєктів ДПП у транспортній галузі, зокрема за участі компаній DP World, Black Sea Terminal Ltd., Polish Logistics Group [8, 10]. Такі приклади підтверджують готовність іноземного бізнесу працювати в Україні навіть у складних умовах воєнного часу [10].

Висновки. Проведене дослідження підтверджує, що підприємства з іноземними інвестиціями є невід’ємним елементом зміцнення критичної інфраструктури України в умовах війни та гібридних загроз. Вони забезпечують фінансову стабільність, технологічну модернізацію, розвиток енергоефективних і цифрових рішень, а також впроваджують сучасні стандарти управління ризиками й безпеки.

Іноземні інвестори відіграють ключову роль у відновленні енергетичних, транспортних і промислових об’єктів, сприяють формуванню стійких логістичних ланцюгів і впровадженню систем кіберзахисту. Їхня участь у державно-приватних партнерствах створює умови для розвитку економічної незалежності, інтеграції України до європейського інфраструктурного простору та формування національної системи безпеки нового покоління.

У перспективі активізація співпраці держави та підприємств з іноземним капіталом має стати одним із головних чинників відновлення країни, підвищення її інвестиційної привабливості та стійкості критичних секторів економіки.

Список використаних джерел

1. Національний банк України. *Платіжний баланс та міжнародна інвестиційна позиція України: статистичні дані за 2023–2024 рр.* — Київ: НБУ, 2024. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://bank.gov.ua/ua/statistic/sector-external/data-sector-external#1>
2. UkraineInvest. *Foreign Direct Investment in Ukraine: Key Trends and Sectors.* — Київ: UkraineInvest, 2023. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://ukraineinvest.gov.ua/en/news/05-07-2023-2/>
3. GMK Center. *Investment climate in Ukraine expected to deteriorate in 2025.* — Київ: GMK Center, 2024. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://gmk.center/en/posts/investment-climate-in-ukraine-expected-to-deteriorate-in-2025/>
4. Kyiv School of Economics. *Russia Will Pay: Assessment of Damages to Ukraine’s Infrastructure as of June 2023.* — Київ: KSE, 2023. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://kse.ua/russia-will-pay/>

5. Lloyds Bank Trade. *Foreign Direct Investment in Ukraine – Key Figures and Country Breakdown*. — Лондон: Lloyds Bank, 2024. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.lloydsbanktrade.com/en/market-potential/ukraine/investment>

6. DTEK Group. *Digitalization and Smart Grid Development Projects in Ukraine*. — Амстердам: DTEK, 2024. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://dtek.com/en/>

7. ArcelorMittal Kryvyi Rih. *Sustainability Report 2023–2024*. — Кривий Ріг: ArcelorMittal Ukraine, 2024. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://ukraine.arcelormittal.com/>

8. DP World Ukraine. *Infrastructure and Logistics Development Initiatives in the Black Sea Region*. — Дубай: DP World, 2024. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.dpworld.com/ukraine>

9. Coca-Cola HBC Ukraine. *Sustainability and Supply Chain Adaptation Report*. — Київ: Coca-Cola HBC Ukraine, 2023. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://ua.coca-colahellenic.com/>

10. Європейський банк реконструкції та розвитку (ЄБРР). *Private Sector Partnerships in Ukraine's Infrastructure Reconstruction*. — Лондон: EBRD, 2024. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.ebrd.com/ukraine.html>

УДК 656.078.8:005.334:355.02

СТІЙКІ ЛОГІСТИЧНІ ЛАНЦЮГИ ТА АДАПТИВНІ ХАБИ В УМОВАХ ГІБРИДНИХ ЗАГРОЗ

Курган М.Б.¹, д.т.н., проф.; Іванов Р.В.², аспірант
ННІ «Дніпровський інститут інфраструктури і транспорту»
Українського державного університету науки і технологій
¹ m.b.kurhan@ust.edu.ua, ² ivanovrodion@ukr.net

Постановка проблеми. Наукове обґрунтування та розробка технічних рішень для будівництва залізничних переїздів на суміщеній колії 1520/1435 мм – це критично важливий аспект побудови стійких та адаптивних логістичних ланцюгів в умовах гібридних загроз, що безпосередньо сприятиме підвищенню надійності та пропускної спроможності міжнародних транспортних коридорів. Дослідження фокусується на інженерних рішеннях для ділянок як нової траси європейської колії 1435 мм, так і реконструкції окремих напрямків під євростандарт із застосуванням суміщеної колії [1].

Суміщена колія (1520/1435 мм) дозволяє здійснювати перевезення як за внутрішньо українським (широка, 1520 мм), так і за європейським стандартом (вузька, 1435 мм) без необхідності перевантаження чи заміни візків на кордоні, що є критично важливим для підвищення стійкості та адаптивності перевезень. Це створює альтернативні маршрути та спрощує мультимодальну доставку вантажів, особливо в контексті імпорту/експорту та забезпечення життєдіяльності країни, що стає особливо актуальним в умовах військової агресії та

гібридних загроз. Будівництво та особливості експлуатації переїздів, які є місцями перетину залізниць і автомобільних доріг в одному рівні, безпосередньо впливає на пропускну спроможність та надійність цих логістичних ланцюгів.

В умовах воєнних дій та гібридних загроз формування стійких логістичних ланцюгів, розбудова альтернативних маршрутів і розвиток мультимодальних перевезень набувають критичного значення для України. Це зумовлено необхідністю забезпечення безперервності військової та гуманітарної логістики, підтримання зовнішньоекономічних зв'язків, а також інтеграції у європейський транспортно-економічний простір, де залізничний транспорт посідає ключове місце в системі критичної інфраструктури.

Мета дослідження. Тема роботи безпосередньо стосується залізничного транспорту, який є ключовим елементом критичної інфраструктури та основою логістичних ланцюгів в Україні. Метою даної роботи є обґрунтування та розробка технічних рішень для будівництва залізничних переїздів на суміщеній колії 1520/1435 мм з урахуванням сучасних технологій та вимог експлуатації на мережі залізниць України, що безпосередньо сприятиме підвищенню пропускну спроможності та надійності міжнародних логістичних коридорів.

Результати дослідження. В умовах гібридних загроз і воєнних дій, стійкість національної транспортної системи прямо залежить від її адаптивності та інтероперабельності. Ключовим стратегічним рішенням для підвищення цієї стійкості є інтеграція української залізничної мережі (1520 мм) з європейською (1435 мм), що створює альтернативні маршрути та забезпечує мультимодальну доставку вантажів без затримки на прикордонних станціях. Таке рішення підвищує економічну безпеку країни та робить логістичні ланцюги менш вразливими до фізичних чи кібератак.

Встановлено, що впровадження суміщеної колії (1520/1435 мм) на ключових ділянках є найважливішим кроком для побудови цих адаптивних логістичних хабів. Однак, недостатність уніфікованих та оптимізованих інженерних рішень стримує темпи її впровадження. Особливо гостро це стосується залізничних переїздів – критичних елементів, які повинні забезпечувати безпечний рух як залізничного, так і автомобільного транспорту в умовах подвійних стандартів колії та підвищених експлуатаційних навантажень.

Наразі для багаторейкових систем суміщеної колії традиційні технології будівництва, такі як асфальтування або укладання дерев'яного настилу, є неефективними. Вони не можуть забезпечити необхідну точність та довговічність конструкції. Це призводить до високих експлуатаційних витрат; частих ремонтів; необхідності закриття переїзду, що критично порушує логістичні ланцюги та створює значні незручності для автомобільного руху в умовах обмеженості альтернативних шляхів. Для забезпечення надійності, стійкості та мінімізації часу ремонту критично важливим є перехід на сучасні модульні переїзні настили. У багатьох країнах світу для багаторейкових систем застосовуються такі рішення, як еластомерні плити (наприклад, ГВР, STRAIL); комбіновані системи («гумка+бетон»); гумово-кордні або залізобетонні плити з фрезерованими каналами для розміщення рейок на різній ширині.

Гумові рішення та компоненти для залізничних переїздів – це перевірена елементна система, яка використовується по всій Європі [2], рис. 1.



Рисунок 1 – Система гумових плит на переїзді

Переїзні настили STRAIL (Німеччина) широко використовуються на залізничних переїздах із суміщеною колією (1435/1520 мм). Мають високу довговічність, зменшують шум та вібрації, але дорожчі у виробництві [3] (рис. 2).



Рисунок 2 – Система залізничних переїздів STRAIL

Переїзди з еластомерних плит – спеціальні конструкції залізничних переїздів представлено в роботі [4], (рис. 3).

Саме обґрунтування вибору найбільш раціональних та стійких з цих конструктивних рішень для умов української залізниці є результатом даного дослідження, що має прямий вплив на підвищення логістичної стійкості в умовах гібридних загроз. З цією метою в роботі проведено системний аналіз та оцінку ефективності сучасних типів переїзних настилів для суміщеної колії, включаючи використання методу МАІ для багатокритеріального вибору [5], що дозволило науково обґрунтувати вибір оптимальних рішень, доповнюючи та верифікуючи ті, що закладаються у технічні стандарти Укрзалізниці [6]. Такий підхід включає адаптацію до українських типів шпал, скріплень, навантажень та кліматичних умов.

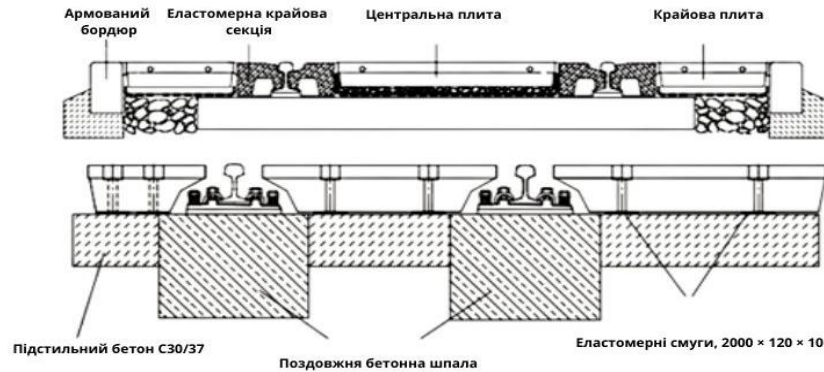


Рисунок 3 – Еластомерна крайова секція переїзду

Висновки. Ключовим стратегічним завданням для залізничної галузі України в умовах гібридних загроз і воєнного часу є забезпечення стійкості національних логістичних ланцюгів та створення адаптивних транспортних хабів. Це безпосередньо досягається через гармонізацію з європейською залізничною мережею (1435 мм). Впровадження суміщеної колії (1520/1435 мм) є найбільш раціональним шляхом для формування альтернативних маршрутів і мультимодальної доставки, що забезпечує безперервний рух рухомого складу обох стандартів, мінімізуючи «вузькі місця» на прикордонних переходах і підвищуючи економічну та оборонну стійкість країни. Хоча суміщена колія створює основу для стійкості, її впровадження супроводжується технологічними викликами, серед яких залізничні переїзди є критично важливими елементами. Їхня конструкція на суміщеній колії перетворюється на потенційне «вузьке місце», яке може порушувати логістичні потоки у разі частих ремонтів. Для забезпечення надійності, довговічності та мінімального часу ремонту (критично в умовах гібридних загроз) найперспективнішими рішеннями є сучасні модульні конструкції, зокрема, еластомерні настили, роздільні покриття та спеціалізовані універсальні залізобетонні плити, адаптовані для багаторейкових систем.

Список використаних джерел

1. Fischer, S., Kurhan, M., & Kurhan, D. (2024). Innovative Technologies and Cognitive Factors for Enhancing Safety of Train and Car Movement at Level Crossings. In *Proceedings of the 3rd Cognitive Mobility Conference (COGMOB 2024)*, pp. 1–13. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-81799-1_1
2. Teknikum. TEKNICROSS Rubber Level Crossings for Railways. Retrieved from <https://teknikum.com/products-brands/teknikum-teknicross-rubber-level-crossings-for-railways/>
3. Highway-Rail Crossing (2022). Retrieved from <https://highways.dot.gov/sites/fhwa.dot.gov/files/2022-06/fhwasa18040v2.pdf>
4. Track Covers Level Crossings. Retrieved from https://www.railbeton.de/login/file/?f=csdata/download/1/de/gleiseindeckung_eng0608_280
5. Курган, М. Б., Курган, Д. М., Лужицький, О. Ф., Гусак, М. А., & Байдак, С. Ю. (2023). Оцінка варіантів дорожнього покриття на основі методу аналізу ієрархій. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*, 24, 37–49. <https://doi.org/10.15802/btrp2023/291856>

6. СТП 02.01-002:2023. Залізничні колії. Улаштування й утримання колії шириною 1435 мм та суміщеної залізничної колії (1520 і 1435 мм). Київ: АТ «Українська залізниця», 2023.

УДК 656.2:004.94:005.334:338.47(477)

ІНТЕГРАЦІЯ КОЛІЙНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ 1520\1435 ММ ЯК ФАКТОР СТІЙКОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ЛАНЦЮГІВ В УМОВАХ ГІБРИДНИХ ЗАГРОЗ

Курган Д.М.¹, д.т.н., проф., Курган М.Б.², д.т.н., проф.; Байдак С.Ю.³, к.т.н.
Хмелевська Н.П.⁴, доктор Phd

ННІ «Дніпровський інститут інфраструктури і транспорту»
Українського державного університету науки і технологій

¹d.m.kurhan@ust.edu.ua, ²m.b.kurhan@ust.edu.ua, ³s.y.baidak@ust.edu.ua,
⁴n.p.hmelevska@ust.edu.ua

Постановка проблеми. Сучасні умови розвитку транспортного сектору України характеризуються зростанням викликів, пов'язаних із гібридними загрозами, війною та необхідністю інтеграції в європейський транспортний простір. Одним із ключових бар'єрів є несумісність стандартів колійної інфраструктури – насамперед різна ширина колії (1520 мм та 1435 мм), що обумовлює технічні, технологічні та експлуатаційні проблеми [1]. Ця несумісність обмежує ефективність логістичних ланцюгів, створює додаткові витрати на перевантаження вантажів і зміну візків, а також знижує стійкість транспортної системи до кризових впливів. У контексті післявоєнного відновлення та створення стійкої критичної інфраструктури ця проблема набуває стратегічного значення.

Мета дослідження. Метою даного дослідження є виявлення та систематизація техніко-технологічних проблем, спричинених несумісністю стандартів залізничної інфраструктури України та ЄС [2], а також обґрунтування напрямів їхнього подолання через інноваційні рішення, гармонізацію стандартів і впровадження адаптивних технологій у сфері управління залізничним транспортом.

Результати дослідження. Встановлено, що основні проблеми сумісності залізниць пов'язані не лише з шириною колії, а й з відмінностями у колії, габаритах рухомого складу та стандартах утримання інфраструктури. При спробах інтеграції українських ділянок до мережі ЄС [3] виникають додаткові складнощі з організацією руху на стиках різних стандартів. Проведений аналіз показав, що особливу увагу слід приділити питанням надійності та стійкості залізничних коридорів у зоні ризику. Зокрема, впровадження технологій подвійної колії (dual gauge), автоматизованих систем управління стрілочними переводами, а також цифрових систем моніторингу допомагає зменшити наслідки руйнувань і забезпечити безперервність руху в умовах гібридних атак. Крім того, для підтримання логістичної стійкості доцільно формувати адаптивні транспортні хаби, здатні швидко перенаправляти потоки у разі втрати окремих елементів інфраструктури.

В роботі досліджено питання переходу до європейської колії на прикладі напрямків
Варшава-Ковель-Коростень-Київ, Варшава-Львів-Шепетівка-Київ, Варшава-Львів-
Жмеринка-Київ (рис. 1).

Наведемо для прикладу детальне моделювання вартості будівництва інфраструктури колії 1435 мм на маршруті Гданськ – Київ (через Ягодин – Ковель) (табл. 1), а також прогноз повернення інвестицій з урахуванням вантажного потоку (табл. 2), рис. 2



Рисунок 1 – Варіанти європейської колії при реконструкції існуючих напрямків

Таблиця 1

Орієнтовна вартість будівництва (на 2025 рік)

Стаття витрат	Оцінка вартості за 1 км	Загальна сума, млн €
Нове будівництво колії (двоколійна, 1435 мм)	€6,5 млн / км	€3 380 млн
Системи електропостачання (25 кВ)	€0,7 млн / км	€420 млн
СЦБ, ERTMS/ETCS, диспетчеризація	€0,9 млн / км	€540 млн
Прикордонний інтермодальний термінал (Ягодин/Дорогуськ)	фіксована сума	€100 млн
Локомотивне депо та ремонтна база	фіксована сума	€60 млн
Логістичні хаби (Київ, Ковель)	2 × €40 млн	€80 млн
Разом капітальні витрати (CAPEX)		€4 580 млн

Таблиця 2

Прогнозований вантажний потік і доходи

Показник	Значення
Рік повного запуску	2029
Потік на старті	5 млн т/рік
Потік через 10 років	10–12 млн т/рік
Середня ставка фрахту	€0.08 / тонно-км
Середній пробіг: Гданськ–Київ	960 км

Початковий прибуток:	$5 \text{ млн т} \times 960 \text{ км} \times \text{€}0.08 = \text{€}384 \text{ млн / рік}$
Прибуток при зростанні потоку	$10 \text{ млн т} \times 960 \text{ км} \times \text{€}0.08 = \text{€}768 \text{ млн / рік}$

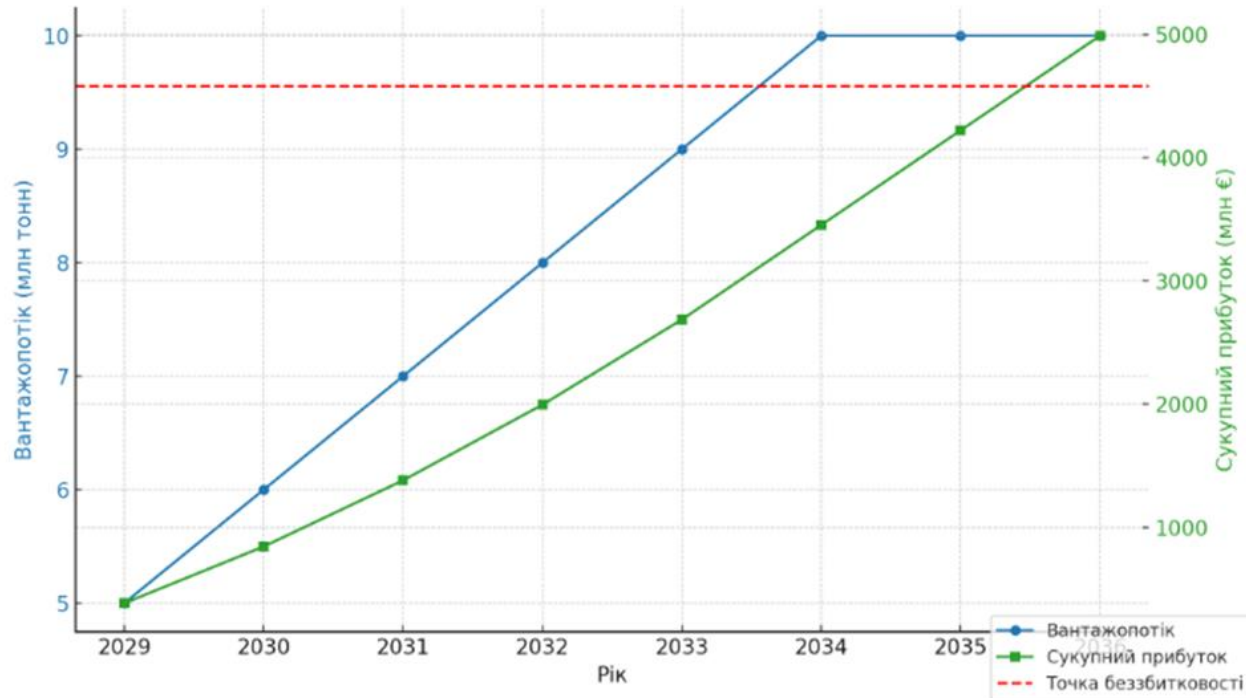


Рисунок 2 - Динаміка вантажопотоку та окупність інвестицій (Гданьськ-Київ): синя лінія – щорічний вантажопотік (у млн тонн); зелена лінія – сукупний прибуток від перевезень; червона пунктирна лінія – точка беззбитковості на рівні €4,58 млрд.

Як видно з рис. 2 точка беззбитковості (Payback point): 7 років після запуск проекту; внутрішня норма прибутковості (IRR): 9–11%; чистий дохід після 10 років: > €3 млрд; повна окупність інвестицій настає у 2036 році.

Висновки. У статті викладено результати дослідження техніко-технологічних проблем, що виникають внаслідок несумісності стандартів залізничної інфраструктури України та країн Європейського Союзу. Визначено ключові напрями подолання технічних, економічних та організаційних бар'єрів при інтеграції транспортних систем та підвищенні стійкості критичної транспортної інфраструктури України в умовах гібридних загроз. Гармонізація стандартів колій, розбудова суміщених вузлів і цифрова трансформація транспортної системи дозволять підвищити рівень інтероперабельності, логістичної стійкості та національної безпеки. Вирішення зазначених проблем є основою для інтеграції України до європейського транспортного простору та забезпечення стійкості критичної інфраструктури в умовах гібридних загроз.

Список використаних джерел

1. Kurgan, M. B., & Kurgan, D. M. (2024). *Interoperability challenges of Ukrainian and EU railway networks*. *Transport Problems*, 19(2), 45–56.

2. European Union Agency for Railways (ERA). (2022). *Technical Specifications for Interoperability (TSI)*. Brussels: ERA Publications. Retrieved from <https://www.era.europa.eu>
3. International Union of Railways (UIC). (2021). *UIC Leaflet 700 – Layout of Standard Gauge Railway Infrastructure*. Paris: UIC. Retrieved from <https://uic.org>

УДК 351.86(477):[355.02+338.22.021.4]

ВРАЗЛИВІСТЬ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ ПЕРЕД ГІБРИДНИМИ ЗАГРОЗАМИ: ВИКЛИКИ ЗБРОЙНОГО КОНФЛІКТУ ТА ПІСЛЯВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ

Гута С.С.¹, канд. держ. упр.; Нестеров Д.Ю.², к.е.н.,
Адміністрація Державної спеціальної служби транспорту
Центр досліджень Державна спеціальна служба транспорту,
² centrd@dsst.gov.ua,

¹ ORCID: 0000-0002-6387-4122, ² ORCID: 0009-0004-5992-3069

Постановка проблеми. Повномасштабне вторгнення російської федерації перетворило цілеспрямоване руйнування критичної інфраструктури (КІ) України з побічного наслідку бойових дій на центральний елемент гібридної війни. Агресор використовує інфраструктуру як активний інструмент для досягнення стратегічного паралічу держави, поєднуючи кінетичні удари з кібернетичними, інформаційними та економічними диверсіями. Це створює системні загрози для економічної життєздатності, соціальної стійкості та обороноздатності України.

Ключовою проблемою є системна вразливість інфраструктури, значна частина якої успадкована з радянських часів і характеризується високим рівнем централізації та технологічною зношеністю. Енергетична система, що спирається на невелику кількість потужних генеруючих об'єктів та магістральних підстанцій, має численні “єдині точки відмови”, що робить її ідеальною мішенню для високоточних ударів.

Агресор цілеспрямовано використовує взаємозалежність секторів критичної інфраструктури, завдаючи ударів по енергетичних об'єктах для запуску каскадних збоїв, що порушують роботу транспорту, зв'язку, водо- та теплопостачання, медицини й фінансів. Це спричиняє масштабну дестабілізацію далеко за межами зони ураження. Тактика еволюціонувала від масованих атак до точкового ураження важкозамінних елементів: автотрансформаторів, машинних залів ТЕС/ГЕС, центрів управління. Мета їх полягає в довгостроковому виснаженні економіки через руйнування критичних компонентів, відновлення яких є ресурсомістким і тривалим, що підриває здатність системи до відновлення.

Наслідком є не лише колосальні прямі збитки, що оцінюються в сотні мільярдів доларів, але й значно більші непрямі втрати від падіння ВВП, руйнування бізнесу та ерозії людського капіталу через масову вимушену міграцію, що створює довгострокову загрозу для національної безпеки та повоєнного відновлення [1].

Мета дослідження. Метою даного дослідження є комплексний аналіз багатовимірних гібридних загроз для критичної інфраструктури України та обґрунтування системної рамки

підвищення її стійкості. Ця рамка поєднує як негайні інженерно-технічні рішення для фізичного захисту об'єктів, так і довгострокові стратегічні підходи до їх трансформації та повоєнного відновлення.

Результати дослідження. Основною гібридною загрозою є стратегія “каскадного колапсу”, де цілеспрямовані кінетичні удари по ключових вузлах (“keystone nodes”) енергетики та транспорту навмисно провокують непропорційні, міжсекторальні збої, що посилюються синхронними кібератаками та інформаційно-психологічними операціями.

Аналіз характеру атак на українську інфраструктуру свідчить про їхню продуману, а не хаотичну природу. Удари систематично націлені на об'єкти, відмова яких гарантовано запускає руйнівний “ефект доміно”. До таких ключових вузлів належать високовольні автотрансформатори на підстанціях, компресорні станції магістральних газопроводів, великі залізничні вузли та мости. Логіка противника полягає не в тотальному знищенні, а у виведенні з ладу відносно невеликої кількості критичних елементів для досягнення максимального ефекту.

Цей механізм детально описаний у дослідженнях, що моделюють поширення збоїв від одного сектора до інших — промисловості, сільського господарства, торгівлі та соціальної сфери [2]. Класичним прикладом є удар по енергетичному об'єкті (первинний ризик), який миттєво призводить до зупинки насосних станцій водоканалів, відключення базових станцій мобільного зв'язку, паралічу банківських терміналів та збою в роботі медичного обладнання (вторинні та каскадні ризики). Цей кінетичний тиск посилюється гібридними компонентами та кібератаками. В 2025 році кількість кібератак зросла втричі ніж була торік [3]. Їхньою метою є не лише зрив постачання, а й збір розвідувальних даних для планування подальших кінетичних ударів.

Таким чином, ворог атакує не стільки самі об'єкти, скільки взаємозв'язки між ними, перетворюючи локальні пошкодження на загальнонаціональну кризу. Наслідки таких атак створюють довгострокові виклики, оскільки руйнування системних зв'язків значно ускладнює не лише поточне функціонування держави, але й майбутнє посткризове відновлення, вимагаючи комплексного перепроєктування цілих секторів.

Системна вразливість КІ дозволяє агресору створювати каскадні збої. Ураження одного вузла в енергетиці ініціює ланцюгову реакцію за наступною моделлю:

1. *Подія-тригер.* Ракетний удар по високовольній підстанції або генеруючому об'єкту.
2. *Каскад 1-го порядку* (пряма залежність). Миттєва відмова безпосередньо залежних секторів: зупинка насосних станцій (припинення водо- та теплопостачання), знеструмлення веж мобільного зв'язку, зупинка електрифікованого залізничного транспорту та метрополітену.
3. *Каскад 2-го порядку* (функціональний колапс). Відмова сервісів, що залежать від первинно уражених секторів: припинення роботи банківських терміналів та онлайн-банкінгу через відсутність зв'язку; перехід лікарень на обмежені потужності дизель-генераторів.
4. *Каскад 3-го порядку* (макроекономічна деградація). Зупинка промислових підприємств, розрив логістичних ланцюгів, погіршення умов життя, що стимулює міграцію та призводить до довгострокового економічного спаду [2].

Окремим проявом гібридної агресії є використання інфраструктурних атак як інструменту екоциду. Підрив дамби Каховської ГЕС 6 червня 2023 року є не просто атакою на енергетичний

об'єкт, а свідомим актом екологічної війни. Наслідки мають довгостроковий стратегічний характер: хімічне та біологічне забруднення басейну Дніпра та Чорного моря, руйнування унікальних екосистем, знищення систем зрошення на півдні України та створення прямої загрози ядерній безпеці через втрату основного джерела охолодження для Запорізької АЕС [2].

Стратегія стійкості має еволюціонувати від простого відновлення до системної трансформації, базуючись на принципах децентралізації, функціональної надлишковості та багаторівневого інженерного захисту — згідно з концепцією “Країна-фортеця”. Збройний конфлікт оголив критичну вразливість централізованої інфраструктури, що потребує не ремонту, а переосмислення її архітектури. Стійкість означає здатність системи функціонувати попри пошкодження, що вимагає нових підходів до відновлення за принципом “відбудувати краще, ніж було”.

Ключові напрямки:

- *Децентралізація та резервування* — замість великих вузлів слід розвивати мережу автономних мікросистем (енергетика, транспорт).
- *Інженерний захист* — три рівні оборони: тимчасові споруди, капітальні укриття з екранами, заглиблені об'єкти, здатні витримувати прямі удари.
- *Комбінований підхід* — поєднання активного ППО та пасивного захисту для розриву каскадних ефектів [4].

Формула стійкості: децентралізуй, що можеш; резервуй, що не можеш децентралізувати; захищай те, що не підлягає ні децентралізації, ні резервуванню.

Висновки. Стійкість критичної інфраструктури України в умовах гібридної війни потребує багаторівневої інтегрованої стратегії. Вона має поєднувати активну оборону (ППО), пасивний захист (“Країна-фортеця”) та стратегічну трансформацію — децентралізацію, модернізацію й євроінтеграцію.

Війна спричинила фундаментальний зсув парадигми: від реактивної моделі ліквідації наслідків до проактивної стратегії розбудови іманентної стійкості. Принцип “Відбудувати краще, ніж було” це не гасло, а стратегічна вимога національної безпеки, яка передбачає впровадження підвищених стандартів захисту й надійності в кожен проєкт відновлення. Таким чином, повоєнне відновлення інфраструктури є не лише економічним завданням, а й основоположним елементом зміцнення державного суверенітету. Надійна, розподілена критична інфраструктура — це стратегічний щит проти майбутніх агресій і основа сталого розвитку України.

Список використаних джерел

1. Основи інженерного захисту об'єктів критичної інфраструктури енергетичної галузі України від засобів повітряного нападу противника: *Монографія*, / [М.В. Коваль, В.В. Коваль, А.С. Білик, В.І. Коцюрuba, О.М. Кубраков]; під ред. А.С.Білика. – К.: Генеральний штаб Збройних Сил України, 2023. – 185 с.
2. Хоменко Є. В., Нестеров Д. Ю., Смел'янова С. М. Ризики та вразливості критичної інфраструктури України в сучасних умовах російсько-української війни. *Дослідження*. Дніпро: Центр Досліджень. 2025. 83 с. URL: <https://www.academia.edu/143544690/>
3. Hybrid CoE. (2023). Comprehensive Resilience Ecosystem: A CORE Conceptual Framework. The European Centre of Excellence for Countering Hybrid Threats. URL:

https://www.hybridcoe.fi/wp-content/uploads/2023/04/CORE_comprehensive_resilience_ecosystem.pdf

4. Ukraine - Fourth Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA4) : February 2022 - December 2024 (English) - World Bank Documents & Reports, 2025. URL: <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/099022025114040022>

УДК 623.828.54

ТРАНСПОРТНА ЛОГІСТИКА ПРИ ПЕРЕМІЩЕННІ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ПРЕДМЕТІВ: БЕЗПЕКА ТА НОРМАТИВИ

Костира С.В. ¹, к.т.н.; **Ткач М.В.** ², інженер

Центр досліджень Державної спеціальної служби транспорту, Дніпро, Україна

¹ kostyrya81@gmail.com, ² marina.tkach.1583@gmail.com

Постановка проблеми. Переміщення ВНП для знешкодження та утилізації є одним із найбільш небезпечних процесів у сфері транспортної логістики, оскільки навіть незначне порушення вимог безпеки може призвести до надзвичайних ситуацій, загибелі людей, руйнування інфраструктури та екологічних наслідків. В умовах війни, де щодня здійснюється вилучення, транспортування та знешкодження великої кількості вибухонебезпечних предметів, проблема організації безпечної логістики набуває особливої актуальності. Наявна система перевезень таких вантажів часто стикається з низкою проблем: недостатньою технічною оснащеністю транспортних засобів, відсутністю єдиних стандартів контролю, недосконалістю нормативно-правової бази та нестачею фахівців. Крім того, відсутність цифрової системи моніторингу транспортування ВНП ускладнює координацію між різними структурами - військовими, рятувальними, цивільними службами та приватними перевізниками.

Перевезення небезпечних вантажів, у тому числі вибухових речовин і виробів, в Україні регламентується поєднанням національних актів і міжнародних угод. Українські «Правила дорожнього перевезення небезпечних вантажів» та відповідні накази і постанови реалізують ці вимоги на внутрішньому рівні. Окремі стандарти та інструкції встановлюють вимоги до пакування, маркування і зберігання (наприклад, ДСТУ 4185:2003 для промислових вибухових речовин). Також існують операційні процедури та накази, що регламентують організацію робіт з виявлення, знешкодження та переміщення ВНП (накази МВС, ДСНС та ін.).

ВНП відносяться до класу 1 небезпечних вантажів (вибухові речовини та вироби) і додатково діляться на підкласи та групи сумісності (залежно від характеру можливого вибуху, чутливості до ініціації тощо). Класифікація визначає, чи дозволено перевезення тим чи іншим видом транспортного засобу, який тип пакування потрібен, які обмеження на кількість та маршрут мають застосовуватись [1, 2].

Мета дослідження. Метою дослідження є аналіз та обґрунтування ефективних підходів до організації транспортної логістики під час переміщення боєприпасів з урахуванням вимог безпеки, чинних нормативів та міжнародних стандартів. Дослідження спрямоване на виявлення основних проблем і ризиків, пов'язаних із транспортуванням боєприпасів, а також на розроблення

пропозицій щодо вдосконалення логістичних процесів, підвищення рівня контролю, професійної підготовки персоналу та гармонізації національної нормативної бази з міжнародною угодою.

Основні вимоги до пакування, маркування та документів:

1. Пакування - має відповідати стандартам (професійні контейнери, піддони, внутрішні прокладки), що запобігають механічним ушкодженням, тертю, вібраціям і впливу зовнішніх факторів. Для промислових вибухових речовин існують національні вимоги (ДСТУ).
2. Маркування - на упаковці та транспорті повинні бути нанесені піктограми класу небезпеки, ідентифікаційні номери, написи про групу сумісності, екстрені телефони та інструкції для рятувальних служб. Це вимога міжнародної угоди/національних правил.
3. Документи - супровідні документи мають містити повну класифікацію вантажу, декларації про безпеку, листи інструкцій у разі аварії, копії дозволів і сертифікатів перевізника та працівників, що проводять вантажно-розвантажувальні роботи.

Транспортні засоби, що використовуються для перевезення ВНП, повинні відповідати технічним вимогам: наявність спеціальних пристосувань для кріплення вантажу, заземлення (при потребі), відсутність джерел іскріння, відповідне маркування кузова тощо. Для різних підкласів ВНП можуть бути додаткові обмеження (наприклад, за температурним режимом чи дихаючими умовами). Під час вибору виду транспорту (авто, водний, залізничний) необхідно враховувати відповідні галузеві правила.

Транспортна логістика ВНП включає обов'язкове планування маршруту з урахуванням:

- мінімізації населених пунктів і критичних об'єктів на шляху;
- дозволів від місцевих органів влади або екстрених служб у випадку перевезень великих партій;
- визначення майданчиків для зупинок і технологічних перерв (зона безпечної стоянки).

Для перевезень особливо небезпечних або великих партій потрібен супровід спеціальних служб (ДСНС, поліція) і дотримання встановлених часових вікон руху. План маршруту та контакти для екстрених випадків повинні бути в доступі у водія й диспетчерської служби.

До робіт з перевезення вибухонебезпечних предметів допускаються лише особи, які пройшли спеціальну підготовку та атестацію відповідно до вимог міжнародних (ADR) і національних стандартів. Працівники повинні знати:

- класифікацію вибухонебезпечних речовин;
- правила пакування, маркування та завантаження;
- порядок дій у разі аварії або витoku;
- основи домедичної допомоги та евакуації.

Регулярне навчання, інструктажі та тренування підвищують рівень готовності фахівців до дій у нестандартних ситуаціях. Особлива увага приділяється психологічній стійкості, адже робота з вибухонебезпечними предметами пов'язана з підвищеним стресом і відповідальністю.

Організація робіт із транспортування вибухонебезпечних предметів включає кілька важливих етапів:

- Підготовчий етап - ідентифікація типу вантажу, визначення класу небезпеки згідно з міжнародною класифікацією ADR, вибір маршруту та виду транспорту.

- Документальне забезпечення - оформлення дозволів, декларацій, сертифікатів відповідності та планів безпеки перевезення.
- Планування маршруту - уникнення густонаселених районів, стратегічних об'єктів і зон з обмеженим доступом.
- Вибір транспортного засобу - транспорт має відповідати технічним вимогам до перевезення вибухонебезпечних речовин (наявність спеціальних маркувань, систем безпеки, протипожежного обладнання) [3, 4].

Результати дослідження. Транспортна логістика вибухонебезпечних вантажів має базуватися на попередньому аналізі ризиків: оцінюванні фізичних характеристик вантажу, умов транспортування, стану транспортних засобів, кваліфікації фахівців та зовнішніх факторів (погода, стан доріг, безпекова ситуація). За результатами аналізу ризиків застосування заходів: моделювання транспортних процесів з урахуванням різних факторів ризику.

Перевезення ВНП часто вимагає погоджень і взаємодії з місцевими органами влади, ДСНС, поліцією та митними органами (для міжнародних перевезень). Порушення правил може призвести до адміністративної або кримінальної відповідальності, великих штрафів та заборон на діяльність. Тому добросовісне виконання вимог - не лише питання безпеки, а й законодавчої відповідності [5].

Висновки. Безпечна транспортна логістика вибухонебезпечних предметів - це багатовимірний процес, що поєднує чітке дотримання нормативів, технічну готовність, кваліфікацію фахівців та продумане управління ризиками. Для мінімізації ризиків необхідна тісна взаємодія між підприємствами, які здійснюють перевезення, екстреними службами та контролюючими органами. Дотримання стандартів і процедур - це запорука збереження життя, майна та довкілля.

Список використаних джерел

1. Які правила перевезення небезпечних (ADR) вантажів? URL: <https://cabinet.trans-atlas.com.ua/ua/article/120>
2. Перевезення небезпечних вантажів: вимоги до транспортних засобів. URL: <https://www.renamax.city/>
3. Наказ №656 від 04.08.2018 «Про затвердження деяких нормативно-правових актів з питань дорожнього перевезення небезпечних вантажів». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1041-18#n18>
4. Наказ №302 від 24.04.2023 «Про затвердження Типової програми і тематичного плану курсу спеціального навчання з питань перевезення небезпечних вантажів для працівників суб'єктів перевезення небезпечних вантажів». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0302938-23#Text>
5. Експерти: як мінімізувати ризики при перевезенні небезпечних вантажів. URL: <https://dpmedtrans.com/>

УДК 621.311:355.2

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАПЧАСТИН ТА ВИРОБІВ МЕТОДОМ 3D-ДРУКУ В ПОЛЬОВИХ УМОВАХ ПІДРОЗДІЛАМИ ДЕРЖСПЕЦТРАНССЛУЖБИ

Боренко М.В. , доцент, **Масний А.А.**, здобувач освіти Кафедра «Військової підготовки спеціалістів Держспецтрансслужби», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро. Україна, 49010.
stinger2928@gmail.com; bmw1961@ukr.net, ORCID 0000-0001-9578-3906

Постановка проблеми. Реалії застосування підрозділів Держспецтрансслужби в сучасних військових (спеціальних) діях демонструють необхідність оперативного ремонту та пристосування матеріально-технічного забезпечення за відсутності доступу до повноцінних заводських ліній. Військова промисловість традиційно є лідером у впровадженні інноваційних технологій, і застосування адитивного виробництва тут не стало винятком. За даними дослідження Defense IQ, понад 75% експертів оборонної промисловості вважають, що протягом наступних десяти років 3D-друк стане стандартом у галузі. Проте критичним є вибір матеріалів для друку: їхні механічні властивості, стійкість до навантажень і вартість визначають функціональність, ресурс і економічну обґрунтованість застосування адитивно виготовлених виробів у військовому середовищі.

Мета дослідження. Здійснити комплексну оцінку можливостей виготовлення запчастин та виробів методом 3D-друку в польових умовах підрозділами Держспецтрансслужби, порівняти придатність різних типів полімерів для конкретних експлуатаційних завдань та розробити економічне обґрунтування їхнього впровадження для потреб військ.

Результати дослідження. Технології адитивного виробництва, зокрема 3D-друк, у польових умовах (другі—треті лінії оборони, тиліві підрозділи, тимчасові майстерні в цивільних приміщеннях) відкривають можливість швидкого виготовлення окремих компонентів боєприпасів, вузлів для транспортних засобів, а також предметів індивідуального захисту й побутового призначення безпосередньо на місці експлуатації.

Використання 3D-друку у військовій сфері відкриває принципово нові можливості для швидкого реагування на потреби сучасних бойових дій. Технології адитивного виробництва дозволяють скоротити час між виявленням проблеми та отриманням готового рішення, що є важливим під час активних бойових операцій[1].

Першим кроком є постановка завдання: військові визначають проблему, яку необхідно вирішити, — від відновлення пошкоджених деталей до створення абсолютно нових рішень, наприклад посилення елементів бронювання або корпусів дронів. На основі зібраних вимог формується технічне завдання, після чого конструктори створюють 3D-модель у CAD-програмі. На цьому етапі враховуються точні розміри, навантаження, умови експлуатації та ергономіка.

Далі модель перетворюють у формат, сумісний із 3D-принтером (STL, OBJ), і задають параметри друку в програмі-«слайсері». Вибір технології залежить від типу деталі: FDM підходить для швидких і простих прототипів, SLA — для високоточних компонентів, а SLS — для виробів із підвищеною міцністю.

Сам процес друку може тривати від кількох годин до кількох днів, після чого надруковану деталь очищують, шліфують і, за потреби, зміцнюють спеціальними покриттями. Для військового застосування важливим є також нанесення захисних або камуфляжних шарів.

Фінальним етапом є тестування: спершу лабораторні випробування на міцність і стійкість до температурних коливань, а потім польові тести, максимально наближені до реальних умов. Зібраний зворотний зв'язок використовується для вдосконалення конструкції.

3D-друк для виготовлення зброї залишається насамперед у полі експериментів, хоча дослідження тривають уже кілька років; одними з перших у цьому напрямку стали шведські фахівці. Адитивні технології мають потенціал розв'язати локальні проблеми постачання.

Зокрема, британська компанія QinetiQ працює над проєктами ударних безпілотників, створених із застосуванням 3D-друку спеціально для потреб ЗСУ. Крім того, кілька зарубіжних оборонних фірм готові передати українським військовим просунуті адитивні рішення, які дозволять виготовляти або ремонтувати запчастини прямо в польових умовах — портативні принтери здатні значно знизити потребу у великому запасі компонентів під час розгортання[3].

Яскравий приклад — проєкт Babcock International: компанія розробила портативний 3D-пристрій для виготовлення металевих вузлів для зброї та бронетехніки. Пристрій працює через нашарування тонких шарів матеріалу, що економить ресурси, і позиціонується як інструмент, здатний друкувати складні деталі вагою до 20 кг прямо на передовій. Це може пришвидшити ремонт БМП, БТР і танків, особливо в підрозділах з технікою різних типів. Технологія дозволяє зменшити обсяг запасних частин, які необхідно перевозити при розгортанні, роблячи армію самодостатньою[2].

Також відомо, що шведський концерн Saab з 2021 року експериментує з 3D-друком деталей для винищувачів JAS39 Gripen — одну з надрукованих зовнішніх панелей встановили на літак і протестували в польоті. Ці кейси демонструють, що адитивне виробництво поступово входить у арсенал ВПК і може вплинути на оперативну підтримку військової техніки. Міжнародне видання 3D Printing Industry, що спеціалізується на аналізі сучасних тенденцій у сфері 3D-друку, нещодавно оголосило про участь австралійської компанії SPEE3D у підтримці Збройних Сил України, йдеться про постачання семи металевих 3D-принтерів WarpSPEE3D у межах програми Міністерства оборони США, спрямованої на зміцнення обороноздатності України.

Технологія холодного розпилення, розроблена SPEE3D, принципово відрізняється від класичного металевих 3D-друку. Замість плавлення порошків лазером, частинки металу прискорюються і з'єднуються завдяки кінетичній енергії під час удару. Такий підхід дає змогу швидко й економічно виробляти великі компоненти без використання спеціальних газів чи складного обладнання. За словами директора оборонних програм SPEE3D Калума Стюарта, адитивне виробництво вже змінює військову логістику та дозволяє оперативно підтримувати боєздатність техніки. Адитивні технології у військовому комплексі дозволяють виготовляти деталі з високою точністю та відповідністю критичним експлуатаційним характеристикам, що особливо важливо для стрілецької зброї, авіаційної та ракетної техніки.

У авіації 3D-друк використовується для виготовлення складових планерів винищувачів — у Китаї серійно друкують титанові елементи для бойових літаків. В Україні конструкторське бюро «Південне» впроваджує селективне лазерне спікання (SLS) для створення складних деталей ракетних комплексів та космічних апаратів[5]. Безпілотні літальні апарати також виготовляються з великою часткою 3D-компонентів: корпуси і пропелери друкують за допомогою адитивних

технологій, що дозволяє досягати швидкості дронів до 55 миль на годину. Американська компанія Aurora Flight Sciences створила безпілотник, який на 80% складається з надрукованих деталей.

Для ремонту техніки 3D-друк застосовується у виробництві запчастин із високоміцних металевих сплавів. Наприклад, у 2019 році у США надрукували вентилятори турбінного двигуна танка M1 Abrams методом Powder Bed Fusion. Переваги 3D-друку для армії включають зниження витрат на виробництво, прискорене тестування прототипів, локалізацію випуску деталей та можливість створення легких, міцних конструкцій. Серед технологій, що застосовуються, — FDM для полімерних деталей і SLS для металевих компонентів. Конструкційні матеріали включають NYLON (PA-6), PEEK, PC/ABS та металеві сплави[4].

Професійні послуги 3D-друку пропонують компанії, як-от «УЦАВ», готові виготовляти деталі для промисловості та оборони, забезпечуючи мінімальні терміни та оптимальні ціни. Підрозділи Держспецтрансслужби роблять перші кроки у виробництві запчастин для ремонту техніки з наявних конструкційних матеріалів за допомогою 3D-друку.

Висновки

3D-друк набуває ключового значення у військово-промисловому комплексі, забезпечуючи швидке та гнучке виготовлення деталей для озброєння, техніки та безпілотних літальних апаратів. Адитивні технології дозволяють оперативно створювати прототипи, тестувати їх у польових умовах і вдосконалювати конструкції, що значно скорочує час від ідеї до готового виробу. Використання 3D-друку підвищує точність і надійність військового обладнання, зменшує ризик поломок і сприяє безпеці особового складу. Локалізація виробництва та можливість друку деталей «за потребою» скорочує логістичні витрати та підвищує автономність підрозділів, особливо у зоні бойових дій. Металеві та полімерні компоненти, виготовлені за допомогою методів FDM і SLS, відповідають високим експлуатаційним вимогам і відкривають нові можливості для модернізації озброєння. Прогнозується, що протягом наступних десяти років 3D-друк стане стандартом у ВПК, сприяючи підвищенню ефективності та оперативності армій у всьому світі. Рекомендувати дослідному центру Держспецтрансслужби провести дослідно-конструкторські дослідження щодо ефективності застосування адитивних засобів підрозділами.

Список використаних джерел

1. 3D-друк для швидкого створення прототипів у військових цілях.
URL: <https://win3desk.com.ua/3d-druk-dlya-shvydkogo-stvorenniya-prototypiv-u-vijskovykh-tsilyakh/> (Дата звернення: 29.09.2025)
2. Як 3D-друк змінює військову сферу: ТОП прикладів використання.
URL: <https://win3desk.com.ua/yak-3d-druk-zminyuje-vijskovu-sferu-top-prykladiv-vykorystannya/> (Дата звернення: 29.09.2025)
3. Як 3D-друк покращує військову логістику.
URL: <https://win3desk.com.ua/yak-3d-druk-pokraschuye-vijskovu-lohystyku/>
(Дата звернення: 29.09.2025)
4. Революція 3D-друку: як вона допомагає ЗСУ?
URL: <https://mil.co.ua/revolyucziya-3d-druku-yak-vona-dopomagaє-zsu/>
(Дата звернення: 29.09.2025)
5. У Британії придумали, як швидко робити деталі для танків та дрони для ЗСУ.
URL: <https://zaborona.com/u-brytaniyi-prydumaly-yak-shvydko-robyty-detali-dlya-tankiv-ta-drony-dlya-zsu/> (Дата звернення: 29.09.2025)

УДК 656.025:004.94(4-6ЄС):355.45

ПОЛІТИКА ЄВРОПЕЙСЬКОГО СОЮЗУ У СФЕРІ ЦИФРОВОГО УПРАВЛІННЯ ТА СТАЛОГО РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В ЕПОХУ ГІБРИДНИХ ЗАГРОЗ

Чернова Н. С.¹, к.е.н., доц.; Демченко Є. Б.², к.т.н., доц.; Боричева С. В.³, викл.

Український державний університет науки і технологій

¹ n.s.chernova@ust.edu.ua, ² e.b.demchenko@ust.edu.ua, ³ s.v.borycheva@ust.edu.ua

Постановка проблеми. Транспортна інфраструктура Європейського Союзу є однією з найвразливіших сфер до гібридних загроз, які поєднують фізичні, кібернетичні, енергетичні та інформаційні ризики. Порушення логістичних ланцюгів, кібератаки на транспортні системи, енергетичні шоки та військові конфлікти призводять до зниження мобільності, збоїв у постачанні та підвищення економічних втрат. За даними Європейського агентства з кібербезпеки (ENISA, 2024), лише у 2023 році було зафіксовано понад 1300 кіберінцидентів у транспортному секторі ЄС, більшість з яких стосувалися управління портами, залізницею та авіацією.

У зв'язку з цим Європейський Союз активно розвиває політику цифрового управління транспортом, що поєднує принципи Green Deal, Digital Europe Programme і TEN-T Policy, спрямовані на сталу, безпечну й цифрово керовану інфраструктуру. Для України, яка інтегрується в Європейський транспортний простір, вивчення цих політик є ключовим чинником у післявоєнній відбудові та забезпеченні транспортної стійкості.

Мета дослідження. Проаналізувати європейські політичні й нормативні підходи до цифрового управління транспортною інфраструктурою в умовах гібридних загроз, визначити напрями їх адаптації в Україні в процесі відновлення транспортної системи та її інтеграції до єдиного простору ЄС.

Результати дослідження. Європейський Союз упродовж останнього десятиліття розбудовує комплексну політику цифрової трансформації транспорту, спрямовану на забезпечення стійкості, безпеки й енергоефективності інфраструктури. У контексті гібридних загроз, що поєднують військові, кібернетичні, інформаційні та логістичні атаки, цифрове управління стало ключовим елементом нової парадигми транспортної безпеки. Згідно зі звітом European Commission (2024), до 2030 року ЄС планує повністю цифровізувати транспортні коридори TEN-T, охопивши понад 88 000 км залізниць, 136 000 км автомобільних доріг і 329 основних портів. Усі транспортні оператори мають бути інтегровані до єдиної цифрової системи даних DTLF (Digital Transport and Logistics Forum).

Очікується, що це дозволить скоротити логістичні витрати на до 20 % і зменшити затримки в ланцюгах постачання на 25–30 % [1, 4]. Одним із найбільш інноваційних напрямів є впровадження штучного інтелекту та супутникових систем спостереження Galileo та Copernicus. Вони забезпечують безперервний контроль за вантажопотоками, дозволяючи прогнозувати ризики та перенаправляти маршрути у випадках надзвичайних ситуацій. Наприклад, у 2023 році система Galileo Smart Mobility у співпраці з транспортною мережею Нідерландів зменшила

середній час простою портових контейнерів на 18 % і скоротила витрати на логістику на 12 млн євро на рік [1].

Паралельно ЄС активно впроваджує принципи зеленої трансформації транспорту. Відповідно до European Green Deal (2024), цільовий показник — скорочення викидів CO₂ на 90 % до 2050 року, при цьому вже до 2030-го частка електротранспорту в міських перевезеннях має зрости до 50 %. У Німеччині, Данії та Іспанії запроваджено понад 240 проєктів "smart mobility", які інтегрують зарядні станції, системи керування енергією та моніторинг екологічного сліду.

Ще одним стратегічним елементом є посилення кіберстійкості транспортної інфраструктури, що визначається Директивою NIS2 (2023) та Актом про кіберстійкість ЄС (Cyber Resilience Act, 2024). Ці документи встановлюють обов'язкові вимоги до кіберзахисту для операторів транспортних мереж. Згідно з даними ENISA (2024), у 2023 році частка успішно відбитих кіберінцидентів у транспортному секторі ЄС зросла з 46 % до 71 %, а час реагування на загрози скоротився з 7 до 3 годин [2, 3, 6].

Таблиця 1

Основні компоненти політики цифрового управління транспортом у ЄС

Напрямок політики	Мета	Очікуваний результат до 2030 р
Digital Transport & Logistics Forum (DTLF)	Створення єдиного цифрового простору логістики	80 % вантажів супроводжуються електронними документами
TEN-T Policy	Цифрова інтеграція та модернізація транспортних коридорів	100 % основних магістралей з «розумним» контролем
Green Deal Transport Initiative	Скорочення викидів і розвиток електротранспорту	Зменшення CO ₂ на 55 % (до 2030 р.)
Cyber Resilience Act	Кіберзахист критичної інфраструктури	Єдина система моніторингу гібридних загроз

(сформовано на основі джерел [1; 2; 3; 4; 6])

Результати дослідження також свідчать, що цифрове управління транспортом стало важливою складовою економічної безпеки ЄС. За даними Європейського інвестиційного банку (EIB, 2024), у 2023 році інвестиції у "smart transport systems" перевищили 27 млрд євро, а загальна частка цифрових рішень у проєктах TEN-T зросла до 46 %. Це дало змогу ЄС скоротити час доставки між портами Балтики та Середземномор'я на 20 годин і зменшити логістичні витрати на 18 % [5].

Для України впровадження подібних інструментів є не лише питанням інтеграції до європейського транспортного простору, а й необхідною умовою післявоєнного відновлення. Цифровізація управління транспортом дозволяє забезпечити:

1. оперативне перенаправлення вантажів у разі пошкодження інфраструктури;
2. моніторинг ризиків у режимі реального часу;
3. прозорість транскордонних перевезень;
4. інтеграцію з єдиною цифровою платформою ЄС eFTI (Electronic Freight Transport Information).

В Україні вже реалізуються пілотні проєкти цифрової логістики — зокрема, «Сертифікат перевезень» (eTransport Doc) та ініціатива Smart Logistics Ukraine, у межах якої створюються

локальні системи відстеження вантажів. Очікується, що їх повна інтеграція з європейськими платформами дозволить скоротити витрати на документообіг на 30 %, а середній час митного оформлення — з 9 годин до 3 годин.

Таким чином, результати дослідження доводять, що цифрове управління транспортною системою у поєднанні з екологічними стандартами ЄС створює нову модель транспортної

стійкості, здатну ефективно протистояти гібридним загрозам. Для України запровадження цих принципів стане стратегічним інструментом підвищення енергетичної, логістичної та національної безпеки у процесі відбудови.

Висновки. Європейська політика цифрового управління транспортом формує нову парадигму стійкості, що поєднує безпеку, технологічність і екологічну відповідальність. Для України, яка перебуває в процесі післявоєнного відновлення, імплементація європейських стандартів у транспортній сфері має подвійне значення: зміцнення національної безпеки та прискорення інтеграції в європейський економічний простір.

Впровадження цифрових платформ, систем моніторингу ризиків і зелених технологій є не лише технічним, а й стратегічним завданням державної політики у сфері транспорту та критичної інфраструктури.

Список використаних джерел

1. European Commission. Smart and Sustainable Mobility Strategy. — Brussels: EC, 2023. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://transport.ec.europa.eu>
2. European Union Agency for Cybersecurity (ENISA). Threat Landscape for Transport Sector 2024. — Brussels: ENISA, 2024. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.enisa.europa.eu>
3. European Parliament. Directive (EU) 2022/2555 on Measures for a High Common Level of Cybersecurity (NIS2). — Strasbourg: EU Publications, 2023. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://eur-lex.europa.eu>
4. European Commission. Digital Transport & Logistics Forum (DTLF) Annual Report. — Brussels: EC, 2024. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://dtlf.dtl.ec.europa.eu>
5. European Investment Bank. TEN-T Corridors and Infrastructure Resilience. — Luxembourg: EIB, 2023. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.eib.org>
6. European Council. Cyber Resilience Act: Strengthening Europe's Critical Infrastructure. — Brussels: EU Council, 2024. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.consilium.europa.eu>

ПАНЕЛЬНА ДИСКУСІЯ 2

«ВІДНОВЛЕННЯ, ТА РОЗВИТОК ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ: ЕКОНОМІЧНІ, ВИРОБНИЧІ, ЛЮДСЬКІ ТА МІЖНАРОДНІ АСПЕКТИ СТРАТЕГІЧНОЇ ДІЇ У ПЕРІОД ВІЙНИ ТА ВІДБУДОВИ»

УДК 623.6:625.1

НАУКОВІ ЗАДАЧІ ЩОДО ВІДНОВЛЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ, ПОШКОДЖЕНИХ ВНАСЛІДОК БОЙОВИХ ДІЙ

Курган Д.М. ¹, д. т. н., проф.; **Новік Р.Б.** ², заступник начальника кафедри військової підготовки спеціалістів Державної спеціальної служби транспорту з навчальної та наукової

роботи-начальник навчальної частини, підполковник
ННІ «Дніпровський інститут інфраструктури і транспорту»
Українського державного університету науки і технологій
¹ d.m.kurhan@ust.edu.u, ² r.b.novik@ust.edu.u

Постановка проблеми. Проблематика відновлення інфраструктури, зокрема залізничної, є одним із ключових напрямів сучасних наукових та практичних досліджень у контексті повоєнної відбудови України. Концептуальні засади цього процесу розглянуто в аналітичній доповіді «Пріоритети розвитку реального сектора в умовах війни та повоєнного відновлення економіки України» [1], а також у матеріалах робочої групи «Відновлення та розбудова інфраструктури» [2] та інших стратегічних документах, зокрема у плані післявоєнної відбудови держави [3], представленому на міжнародній конференції в м. Лугано (Швейцарія).

Питання відновлення залізничної інфраструктури поступово інтегруються і в освітній процес, зокрема в Українському державному університеті науки і технологій. Це відображено в програмі підготовки офіцерів запасу за військово-обліковою спеціальністю «Застосування військових частин і підрозділів із відновлення та будівництва об'єктів національної транспортної системи» [4], освітньо-професійній програмі «Відновлення та будівництва об'єктів національної транспортної системи» для підготовки офіцерів тактичного рівня, що свідчить про системний підхід до формування кадрового потенціалу у сфері післявоєнної інфраструктурної відбудови.

Проблематиці відновлення залізничної мережі присвячено значну кількість міжнародних науково-технічних конференцій [5]. Зарубіжні дослідники наголошують на унікальному характері руйнувань, спричинених бойовими діями в Україні, який суттєво відрізняється від попередніх світових прикладів [6]. Це зумовлено як масштабами та тривалістю бойових дій [7], так і масовим застосуванням сучасних вибухових засобів ураження [8, 9], що призводить до складних, комбінованих пошкоджень елементів колійної та інженерної інфраструктури.

У межах післявоєнної відбудови виділяють три основні рівні відновлення залізничної колії: короткострокове, тимчасове та повне. Повне відновлення передбачає приведення колії до працездатного стану згідно з вимогами «Інструкції з улаштування та утримання колії залізниць України» [10] та іншими нормативними документами. Короткострокове відновлення (екстрений ремонт) має на меті забезпечити мінімально допустимий рівень безпеки та працездатності для короткочасного пропуску поїздів з обмеженням швидкості до 15 км/год, протягом невеликого терміну (сезон, операція чи інший період часу залежно від обставин). Тимчасове відновлення дозволяє організувати рух на триваліший період (до 5-7 років), підтримуючи працездатний стан колії на рівні, що забезпечує швидкість до 30 км/год, але також не є остаточним рішенням і передбачає подальше проведення повного ремонту.

Наявні методики розрахунку та проектування залізничної колії орієнтовані переважно на умови експлуатації в межах нормального, працездатного стану, який має підтримуватися протягом тривалого міжремонтного циклу. Проте такі підходи не враховують специфіку короткострокового та тимчасового відновлення, коли пріоритетом є не довгострокова надійність, а швидкість, ефективність і безпека відновлення руху за умов обмежених ресурсів. Це визначає

необхідність розроблення науково обґрунтованих моделей, методів і нормативних підходів до оцінки технічного стану та відновлення елементів залізничної інфраструктури після руйнувань в наслідок бойових дій, або пошкоджень різними типами засобів ураження.

Мета дослідження. Метою роботи є розробка науково обґрунтованих заходів щодо відновлення об'єктів залізничної інфраструктури, пошкоджених внаслідок бойових дій, що передбачає створення методики оцінки технічного стану колійних ділянок із ознаками руйнування, аналіз адекватності наявних математичних моделей працездатності елементів інфраструктури, обґрунтування послідовності дій для швидкого (короткострокового, тимчасового або повного) відновлення з раціональним використанням ресурсів, дослідження ефективності сучасних вітчизняних і зарубіжних технологій, розроблення інноваційних рішень з урахуванням специфіки бойових пошкоджень та визначення заходів із забезпечення безпеки праці й руху поїздів під час проведення відновлювальних робіт.

Результати дослідження. В даній роботі представлені матеріали для подальшої розробки норм та рекомендацій щодо короткострокового або тимчасового відновлення залізничної колії. Короткострокове відновлення - це екстрений ремонт, мета якого забезпечити мінімальний рівень безпеки та працездатності колії (на рівні граничного стану) для пропуску рухомого складу на короткий строк і з обмеженням швидкості. Тимчасове відновлення дозволяє відновити рух поїздів на більш тривалий час, можливо з частковими обмеженнями швидкості (забезпечення частково працездатного стану), і не є кінцевим рішенням, що в перспективі передбачає проведення повного відновлення. Для визначення можливостей експлуатації колії в стані, відмінному від справного, існує комплекс розрахунків залізничної колії, узагальнення багатоваріантних розрахунків за яким є основою для існуючих нормативних документів. В таких методах закладені техніко-економічні критерії, які повинні забезпечити працездатність ділянки протягом багаторічної експлуатації між плановими ремонтами. Під час тимчасового, а особливо короткострокового відновлення, такі критерії повинні набути нового обґрунтування, зокрема щодо їх допустимих меж. В більшості випадків достатньо забезпечити безпеку руху поїздів з обґрунтованим запасом надійності на встановлений термін. Робота базується на аналізі руйнувань залізничної інфраструктури, які виникають в результаті бойових дій і є не типовими у порівнянні з такими, що виникають при поступових або раптових відмовах обумовлених умовами експлуатації або природними факторами.

Для оцінювання стану залізничної інфраструктури безпосередньо на місці використовують комплекс традиційних і сучасних методів контролю, серед яких – візуальні огляди, інструментальні вимірювання спеціальними приладами, геодезичні спостереження, а також автоматизовані системи діагностики, зокрема колієвимірювальні вагони, дефектоскопні візки й вагони та інші засоби неруйнівного контролю. У межах роботи передбачається вдосконалення цих методів у напрямі створення системи експрес-оцінювання, яка дозволить швидко отримувати основні показники пошкоджень із мінімальним використанням спеціального обладнання. Модернізовані методи мають враховувати появу нових, нетипових для мирного часу видів руйнувань, таких як внутрішні деформації баластного шару, осідання чи зсув земляного полотна, тріщини й деформації водопропускних споруд та інших об'єктів, спричинені вибуховими

навантаженнями. Для їх опису, класифікації та систематизації буде застосовано методи статистичного аналізу.

Наявний комплекс розрахунків для визначення технічного стану залізничної колії охоплює розрахунки на міцність, допустиму швидкість у кривих, підвищення зовнішньої рейки, стійкість колії проти викиду, стійкість укосів земляного полотна, розрахунки водопропускних споруд тощо. Ці методики стали основою чинної нормативної бази, зокрема «Інструкції з улаштування та утримання колії залізниць України», і розроблялися для умов довготривалої експлуатації.

Однак їх безпосереднє застосування до завдань відновлення зруйнованих ділянок колії є обмеженим. Це пов'язано насамперед із тим, що чинні методи ґрунтуються на техніко-економічних критеріях, орієнтованих на забезпечення працездатності протягом багаторічного міжремонтного циклу, тоді як у випадках короткострокового чи тимчасового відновлення необхідне нове наукове обґрунтування допустимих меж показників міцності та стійкості, визначених переважно вимогами безпеки руху на мінімальний період експлуатації. Крім того, частина бойових пошкоджень виходить за межі чинних математичних моделей і стандартів, які не передбачають, наприклад, уламкових пошкоджень рейок чи зміщення ґрунту під дією вибухової хвилі.

Тому в межах роботи планується наукове обґрунтування адаптації існуючих методів розрахунку до умов післявоєнного відновлення колії. У випадках, коли це неможливо, будуть застосовані варіантні чисельні розрахунки із використанням відповідних математичних моделей взаємодії колії та рухомого складу.

В деяких випадках замість відновлення залізничної колії в межах існуючої ділянки можуть бути розроблені рекомендації щодо проєктування обходу. Тимчасове відновлення іноді, а короткострокове майже завжди, передбачає перерозподіл маршрутів руху певних категорій поїздів. Для пошуку та обґрунтування раціональних рішень таких задач, в умовах заданих протилежних показників (швидкість відновлення, потрібна швидкість руху та пропускна здатність, обмежене фінансування відновлення, наявність нових матеріалів, наявність техніки та працівників тощо) будуть застосовані математичні підходи на основі векторної оптимізації.

Висновки. Унаслідок бойових дій елементи залізничної колії можуть зазнавати нетипових пошкоджень, що не належать до стандартних дефектів або відхилень від норм утримання, однак їх наявність не завжди виключає можливість подальшого використання таких елементів під час короткострокового чи тимчасового відновлення ділянки. Параметри міцності, стійкості та інші показники, які відображають взаємозв'язок між умовами експлуатації, конструкцією та станом колії, можуть бути допустимо знижені для режимів короткострокового або тимчасового функціонування, оскільки чинні норми розроблялися з урахуванням довготривалої експлуатації та економічної ефективності. Під час відновлення інфраструктури, пошкодженої дією вибухових хвиль, доцільно передбачати мінімально ресурсомісткі, але ефективні заходи зміцнення земляного полотна та штучних споруд, а також дублювання або заміну систем сигналізації, централізації, блокування, електропостачання та інших елементів, що могли отримати приховані ушкодження.

Список використаних джерел

1. Пріоритети розвитку реального сектора в умовах війни та повоєнного відновлення економіки України : аналіт. доп. Київ : НІСД, 2024. – 104 с. <https://doi.org/10.53679/NISSanalytrep.2024.03.5/29>
2. Національна рада з відновлення України від наслідків війни. Проект Плану відновлення України. Матеріали робочої групи «Відновлення та розбудова інфраструктури» Липень 2022. - 178 с. Retrieved from <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/recoveryrada/ua/restoration-and-development-of-infrastructure.pdf>
3. Commission amends TEN-T proposal to reflect impacts on infrastructure of russia's war of aggression against Ukraine. Retrieved from https://transport.ec.europa.eu/news/commission-amends-ten-t-proposal-reflect-impacts-infrastructure-russias-war-aggression-against-2022-07-27_en
4. Радкевич А. В., Северин О. П., Баб'як М. О. Відновлення залізниць : навч. посіб. Дніпро : ДНУЗТ, 2016. – 272 с. Retrieved from <http://eadnurt.diit.edu.ua/jspui/handle/123456789/9576>
5. Логістика і транспортна безпека: Проблеми та перспективи розвитку в контексті аналізу сучасних викликів і загроз : матеріали доповідей II Міжнародної науково-практичної конференції, 09 листопада 2023 р. Дніпро, 2023, - 272 с.
6. Mitoulis S.-A., Argyroudis S., Panteli M. et al. (2023)/ Conflict-resilience framework for critical infrastructure peacebuilding. *Sustainable Cities and Society*, 91, 104405. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104405>
7. Guo B., Zhang S. Xie T. et al. (2025). Spatiotemporal dynamics of refugees and displaced persons during the Russia-Ukraine conflict: a nighttime light remote sensing perspective. *Advances in Space Research*, 76(4), 2053-2071. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2025.06.009>
8. Chen Z, Wang C, Zheng L. et al. (2025). Dynamic Response Analysis of Mountain Tunnel Under Blasting Vibration. *Applied Sciences*, 15(18), 9973. <https://doi.org/10.3390/app15189973>
9. Pang Y, Lin H, Cao P, Meng G. (2025). The Influence of Overlying High-Speed Rail Dynamic Loads on the Stability of Shield Tunnel Faces During Excavation. *Applied Sciences*, 15(5), 2567. <https://doi.org/10.3390/app15052567>
10. Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України. ЦП-0269. К. 2012, 456с.

УДК 625.7/.8

РЕЦИКЛІНГ ВІДХОДІВ ПРОМИСЛОВОСТІ ЯК ПРІОРИТЕТНИЙ НАПРЯМ У ВІДБУДОВІ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ У ПОВОЄННИЙ ПЕРІОД

Краснов Р.В.¹, к. т. н., доц.; Василенко В.В.²

Центр досліджень,

Державна спеціальна служба транспорту

¹ krasnovrv78@gmail.com, ² vitalijvasilenko49@gmail.com

Постановка проблеми. Війна вкрай негативно вплинула на всю економіку України, в тому числі і на транспортну інфраструктуру. Без якісної та сучасної транспортної інфраструктури повноцінне повоєнне відновлення виробничого сектору неможливе. Роботи з відбудови зруйнованих ворогом або створення нових промислових об'єктів мають вестися паралельно з відновленням та модернізацією логістичної інфраструктури. Формулою стратегії післявоєнного відновлення країни, повинно стати створення виробничої, в тому числі транспортної інфраструктури Європейського зразка [2].

Транспортна галузь як і інші сектори економіки України досить сильно постраждали від наслідків війни, яка триває вже багато років. Частину транспортної інфраструктури пошкоджено або повністю зруйновано, що ускладнює роботу даної галузі. За даними Київської школи економіки станом на листопад місяць 2024 року загальна сума прямих збитків завданих інфраструктурі України внаслідок повномасштабного вторгнення росії сягнула майже \$170 мільярдів. Об'єкти транспортної інфраструктури стали однією з ключових сфер, які зазнали найбільших атак з боку агресора. Оцінка прямих втрат складає \$38,5 мільярдів. Пошкоджено та зруйновано понад 26 тисяч кілометрів автомобільних доріг та 344 мостів та мостових переходів, 19 аеродромів, знищено або втрачено близько 10 тис. будівель залізничного транспорту, майже 300 об'єктів інфраструктури морських та річкових портів [1]. Водночас, у звіті про прямі збитки інфраструктури від руйнувань, поданою Нацрадою з відновлення України від наслідків війни зазначається: всі наступні відновлення в галузі можуть і мають здійснюватися на якісно вищому рівні – за так званим принципом «build back better» (відбудуй краще ніж було).

Мета дослідження. Обґрунтувати використання відходів промисловості в дорожньому будівництві, зменшення витрат та підвищення експлуатаційних характеристик дорожнього покриття за рахунок нових будівельних матеріалів.

Результати дослідження. З метою зменшення витрат і прискорення процесів з відновлення транспортної інфраструктури необхідно налагодити схему міжгалузевої взаємодії різних секторів економіки, шляхом інтеграції ресурсів, що базується на принципах «кругової» економіки. Її суть полягає в максимально ефективному використанні ресурсів, мінімізації відходів та зберіганні матеріалів в обігу якомога довше через повторне використання, відновлення та переробку.

Основним напрямом у відбудові транспортної інфраструктури є залучення у сферу виробництва корисного продукту вторинних матеріалів, насамперед сировинних ресурсів з відходів промисловості. Реалізація таких технологічних рішень створює реальні можливості економії енергоресурсів, скорочення витрат капіталовкладень, підвищення якості кінцевого будівельного матеріалу. Дослідження робіт різних вчених підтверджують, що значний економіко-екологічний ефект можна отримати при комплексному використанні природних ресурсів з додаванням компонентів, отриманих як відходи виробництва, промислових підприємств та енергетичної галузі [3;4]. Утилізація вторинних матеріалів, таких як доменний і сталеплавильний шлак, зола від теплових електростанцій, асфальтовий рециклат, полімерні відходи у дорожньому будівництві, є поширеною практикою більшості країн. Так, наприклад у Данії, сталеплавильні шлаки та золу виносу повністю використовують для виробництва асфальтобетонних сумішей. У США лише 10 % щорічного виробництва шлаків зберігається у відвалах, все решта використовується у всіх сферах дорожнього будівництва [10]. В Україні на теперішній час питання утилізації відходів промисловості не вирішено, тому більше 90 % знаходяться у відвалах і несуть велику загрозу екосистемі, і тільки до 10 % застосовуються в будівельних проектах.

Використання шлаку. Шлак – побічний продукт металургійних процесів, що покриває поверхню рідкого металу. Європейськими країнами, такими як Велика Британія та Франція, шлаки з успіхом використовуються у дорожньому будівництві. Проведенні дослідження

показали, що асфальтобетонні суміші, виготовлені шляхом часткової або повної заміни природніх заповнювачів на шлак, придатні для використання у будівництві дорожніх покриттів [9].

Використання відходів полімерних матеріалів. При дослідженні впливу вторинного поліетилену на властивості асфальтобетону було встановлено, що при його додаванні, зменшується пористість і водопоглинання, покращуються показники на міцність [8]. Світовим лідером за технологією створення «пластикових» доріг є Індія. За технологією розробленою індійським вченим Васудеваном використовується тонко подрібнене пластикове сміття, яке додають до розігрітого бітуму, що скорочує його використання на 8 – 10 %. В Індії за таким чином збудовано близько 100 тис. кілометрів доріг.

Використання золи виносу. Зола виносу – дрібний залишок, що утворюється при спалюванні твердого палива (вугілля) на теплових електростанціях. Дослідженням можливості його використання займалися різні науковці. Так отримані результати одних вчених засвідчили збільшення міцності асфальтобетонних зразків при поєднанні золи виносу та цементу [5]. В іншій роботі вапняковий порошок замінено на золу виносу в кількості 50 та 100 %. В результаті підвищилась стійкість асфальтобетону до постійної деформації [6]. Деякі дослідники зазначають, що часткова заміна мінерального порошку золою виносу дозволяє зменшити вміст бітуму в щільних щеленевих сумішах [7]. Використання асфальтового рециклату. В процесі будівництва дорожнього полотна старе асфальтове покриття стає непридатним. Тому його переробляють і отримують асфальтову крихту, яка є відмінним матеріалом для ремонту доріг. Асфальтова крихта завдяки з'єднанню з бітумом забезпечує хорошу герметичність покриття. Використання технології холодного ресайклінгу (регенерація старого асфальтобетону) для відновлення дорожнього одягу поки не має широкого розповсюдження, однак, враховуючи критичний стан вітчизняної мережі доріг, ця технологія має перспективи для більш широкого застосування.

Висновки. Впровадження технологічних рішень з використанням відходів промисловості у відбудові транспортної інфраструктури є одним із найважливіших економіко-господарських завдань повоєнної України тому, що дозволяє забезпечити будівельний комплекс доступною, дешевою, а також вже частково підготовленою сировиною. Крім того створює реальні можливості економії енергетичних ресурсів, скорочення витрат капіталовкладень та дозволяє суттєво оздоровити екологію країни.

Список використаних джерел

1. Звіт про прямі збитки інфраструктури від руйнувань внаслідок військової агресії Росії проти України станом на листопад 2024 року. Київська школа економіки. 2024. 19 с.
2. Амоша О.І., Амоша О.О. Щодо формули стратегії повоєнної перебудови економіки. *Економіка промисловості*. 2023. № 1 (101). С. 68 – 78.
3. Сердюк В.Р., Христич О.В. Ефективні заповнювачі для ніздрюватих бетонів. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*. 2013. № 1 (13). С. 28 – 32.
4. Сердюк В.Р., Лемешев М.С., Христич О.В. Комплексне в'яжуче з використанням мінеральних добавок та відходів виробництва. *Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка*. 2009. Випуск 33. С. 57 – 62.
5. Kar Debashish et al. Influence of Fly Ash as a Filler in Bituminous Mixes. *ARPJ Journal of Engineering and applied sciences*. 2014. № 9. P. 895 – 900. URL: <http://www.arpnjournals.com>.

6. Kumar Ajoy & Kumar Chhotu Anil. Experimental Investigation of Bituminous Mixes Using Fly Ash as Filler Material. *Journal of Civil Engineering and Environmental Technology*. 2016. № 1. P. 4 – 6.
7. Misty Raja & Kumar Roy tapas. Effect of Using Fly Ash as Alternative Filler in Hot Mix Asphalt. *Perspectives in science*. 2016. P. 307 – 309. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pisc.2016.04.061>
8. Soni Kapil & Punjabi K.K. Improving the Performance of Bituminous Concrete Mix by Waste Plastic. *International Journal of Engineering Research and Application*. 2013. № 3. P. 863 – 868.
9. Cannone Falchetto A., Moon K.H. Remarks on the use of electric arc furnace (EAF) steel slag in asphalt mixtures for flexible pavements. *International Journal of Highway Engineering*. 2015. № 17 (1). P. 25 – 33.
10. Соколов О.В., Желтобрюх А.Д., Копинець І.В., Каськів В.І. Використання відходів промисловості в дорожньому будівництві. *Збірник наукових праць «Дороги і мости»*. 2020. Вип. 21. С. 110 – 116.

УДК 656.073:355.4

МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДИК КОРПУСУ ІНЖЕНЕРІВ АРМІЇ США ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ЛОГІСТИЧНИХ ЛАНЦЮГІВ В УМОВАХ ВІЙСЬКОВИХ ЗАГРОЗ

Дорошенко А.Г.¹, к.т.н.; Чеханюк Б.Є.²; Ємельянова С.М.³

Центр досліджень, Державна спеціальна служба транспорту

¹andorosh79@gmail.com, ²bcheh78@ukr.net, ³Svetnaudachu@gmail.com

Постановка проблеми. Збройна агресія проти України висунула нові вимоги до ефективності та стійкості національної логістичної системи. Руйнування транспортної інфраструктури, обмеження енергопостачання, підвищення ризиків для персоналу й техніки актуалізували необхідність запровадження сучасних інженерно-логістичних методик, спрямованих на швидке відновлення ланцюгів постачання. Корпус інженерів армії США (USACE) має багаторічний досвід у сфері планування, оцінки ризиків і координації відбудовчих операцій, що є особливо цінним для адаптації до українських умов [1; 2].

Мета дослідження. Визначити можливості використання методик Корпусу інженерів армії США у систему логістичного забезпечення Сил оборони України, зокрема під час військових дій, гуманітарних місій та післявоєнної відбудови.

Результати дослідження. Методики Корпусу інженерів армії США (USACE) охоплюють три ключові напрями, релевантні для системи логістичного забезпечення України – інженерне оцінювання інфраструктури, планування стійкості логістичних маршрутів та швидке відновлення критичних об'єктів. Їх комплексне поєднання створює багаторівневу систему управління, спрямовану на мінімізацію ризиків, підвищення адаптивності та забезпечення безперервності постачання навіть у зоні бойових дій [1; 2].

Перший напрям – Engineering Assessment (інженерне оцінювання) – є базовим етапом, що передуює будь-яким відновлювальним роботам. У системі USACE цей процес передбачає застосування мобільних груп оцінки стану інфраструктури (Rapid Assessment Teams), які здійснюють фіксацію ушкоджень доріг, мостів, складів, об'єктів енергетики та водопостачання з

використанням геоінформаційних систем, дронів та лазерного сканування місцевості [3]. На основі зібраних даних формується цифрова модель (Digital Twin) об'єкта, що дозволяє оперативно визначати ступінь придатності інфраструктури до використання та пріоритетність відновлення. Для України цей підхід особливо цінний у контексті широкомасштабних руйнувань транспортної мережі та потреби в обґрунтованому розподілі ресурсів між регіонами.

Другий напрям – Resilient Supply Chain Planning (планування стійких логістичних ланцюгів) – базується на сценарному аналізі загроз, багаторівневному резервуванні маршрутів та розробці альтернативних варіантів доставки матеріальних засобів [4]. У практиці USACE застосовується алгоритм “Multi-Node Supply Resilience Model”, який дозволяє прогнозувати наслідки руйнувань ключових вузлів та автоматично пропонувати оптимальні шляхи обходу. Такий підхід суттєво скорочує час реагування у кризових умовах. Для України впровадження цієї моделі можливе шляхом інтеграції цифрових систем управління – ArcGIS Mission, Delta Logistics, NATO LOGFAS, які забезпечують синхронізацію між військовими та цивільними структурами. Це створює основу для формування єдиного інформаційного простору логістики, що дає змогу в реальному часі координувати перевезення, ремонти та постачання.

Третій напрям – Rapid Infrastructure Repair (швидке відновлення інфраструктури) – передбачає стандартизовані процедури відбудови зруйнованих об'єктів з використанням модульних інженерних систем. Корпус інженерів США розробив технології “Expeditionary Repair Kits” та “Bridge in a Box”, які дозволяють за кілька діб відновлювати пошкоджені транспортні переходи та ділянки доріг. Для реалізації цього методу в Україні доцільно створити мобільні інженерно-логістичні підрозділи швидкого реагування, оснащені спеціальними комплектами польового ремонту мостів, шляхів та складів [5]. Такі групи повинні діяти у тісній взаємодії з ДСНС, Держспецтрансслужбою та Міністерством інфраструктури, що забезпечить гнучке реагування на бойові руйнування.

Ключовою умовою адаптації американських методик є координація дій між цивільними та військовими структурами. Модель USACE передбачає чіткий розподіл ролей між державними агентствами, місцевими органами влади, підрядними компаніями та міжнародними партнерами [6]. Для України така система може бути реалізована через створення Центру інтегрованого управління інфраструктурною стійкістю при уряді або в межах спільних проєктів з NATO Support and Procurement Agency (NSPA).

Впровадження цифрових систем управління логістичними потоками, зокрема ArcGIS Mission, USACE Reachback Operations Center, що дозволяє об'єднати дані про стан інфраструктури в режимі реального часу [5]. Особливу увагу слід приділити стійкості логістичних вузлів — портів, залізничних станцій та транспортних коридорів. Практика USACE довела ефективність моделі “Critical Infrastructure Protection Framework”, що базується на оцінці вразливостей, визначенні пріоритетів відбудови та розподілі ресурсів відповідно до стратегічної важливості об'єктів [6].

Інноваційним напрямом є використання інженерних модулів подвійного призначення — мобільних мостів, контейнерних складів, польових ремонтних майстерень та систем енергозабезпечення. Вони розроблені за принципом Modular Infrastructure Systems та можуть розгортатися у зоні бойових дій або на лінії логістичного забезпечення за лічені години [7].

Україна вже має позитивний досвід застосування подібних систем під час відновлення мостів у Чернігівській, Миколаївській та Харківській областях, що підтверджує доцільність масштабування цього підходу.

Отже, результати дослідження свідчать, що інтеграція методик USACE здатна істотно підвищити ефективність національної системи логістики в умовах війни. Їх запровадження дозволить створити гнучку, технологічну й безперервну модель управління логістичною інфраструктурою, орієнтовану на принципи стійкості, міжвідомчої взаємодії та швидкого відновлення. Це стане одним із ключових чинників оборонної спроможності та післявоєнної відбудови транспортно-логістичного потенціалу України [8].

Висновки. Можливості використання методик Корпусу інженерів армії США у систему логістичного забезпечення Сил оборони України має стратегічне значення для підвищення оперативної стійкості, адаптивності та безперервності постачання у воєнний та післявоєнний періоди. Запозичення підходів USACE у сфері оцінки стану інфраструктури, планування відбудови та міжвідомчої координації сприятиме формуванню єдиної системи управління критичною логістичною інфраструктурою. Це дозволить підвищити ефективність використання ресурсів, зменшити час відновлення транспортних коридорів та зміцнити обороноздатність держави у рамках загальноєвропейської системи безпеки.

Список використаних джерел

1. U.S. Army Corps of Engineers (USACE). Infrastructure Systems Restoration Framework. Washington, DC, 2021. 45 p.
2. Department of Defense. Engineering for Resilient Infrastructure Handbook. Washington, DC, 2022. 68 p.
3. USACE. *Emergency Support Function #3 – Public Works and Engineering*. Washington, DC, 2023. 32 p.
4. U.S. Army Engineer Research and Development Center. Rapid Infrastructure Repair Technologies. Vicksburg, MS, 2020. 54 p.
5. NATO Support and Procurement Agency. Civil-Military Cooperation and Infrastructure Support. Brussels, 2023. 26 p.
6. United States Department of Homeland Security. Critical Infrastructure Protection Framework. Washington, DC, 2019. 74 p.
7. Office of the Assistant Secretary of the Army for Civil Works. Engineering with Nature: Innovation and Collaboration. Washington, DC, 2021. 102 p.
8. Державна стратегія відновлення транспортної інфраструктури України. Київ: Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури, 2024. 112 с.

УДК 624.059.2

ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ НА РІЗНИХ ЕТАПАХ ТИМЧАСОВОГО ВІДНОВЛЕННЯ ШТУЧНИХ ТРАНСПОРТНИХ СПОРУД

Гернич М.В.¹, доктор філософії, **Процишен О.В.²** здобувач освіти

¹Каф. «Військової підготовки спеціалістів Держспецтрансслужби», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта

gernich.nikolau@gmail.com, ²Національний університет оборони України проспект Повітряних Сил, 28, Київ, Україна, 03049, ел. пошта protsishenov@gmail.com

Постановка проблеми. Масштабні руйнування інфраструктури внаслідок військових дій та катастроф стали жорстокою реальністю, особливо для України. Це призводить не лише до колосальних економічних збитків, а й до розриву логістичних ланцюгів та ізоляції цілих регіонів. Швидкість та ефективність відновлення є критично важливими, проте традиційні методи ремонту є тривалими та ресурсоемними. Це створює нагальну потребу у впровадженні інноваційних рішень, що дозволить не тільки швидко подолати наслідки руйнувань, але й закласти основи для сучасної, стійкої інфраструктури.

Мета дослідження. Головною метою дослідження є визначення, обґрунтування та систематизація інноваційних підходів і технологій, які необхідно застосовувати на всіх етапах життєвого циклу проекту для забезпечення швидкого, ефективного та безпечного тимчасового відновлення штучних транспортних споруд в умовах масштабних руйнувань інфраструктури.

Результати дослідження. Зважаючи на значний обсяг завдань з відновлення пошкодженої транспортної інфраструктури України [1] доцільним буде розглянути тимчасове відновлення штучних транспортних споруд, це дозволить у найкоротші терміни створити умови для відновлення постраждалих регіонів. Відновлення руху транспорту через бар'єрну ділянку із зруйнованою штучною спорудою можливо за рахунок її тимчасового відновлення по вісі до руйнування або за рахунок будівництва обхідної ділянки дороги з тимчасовою спорудою (мостом, естакадою, шляхопроводом). Основними етапами життєвого циклу транспортних споруд [2] при їх тимчасовому відновленні (будівництві) є: 1. Ініціація відновлення (будівництва) (визначення та обґрунтування потреби); 2. Вишукування (інженерні вишукування, дослідження місця відновлення (будівництва)); 3. Проектування (виконання необхідних розрахунків, розробка проектної документації); 4. Отримання дозвільної документації та правовий супровід; 5. Матеріально-технічне забезпечення (постачання); 6. Визначення технології виконання робіт; 7. Організація відновлення (будівництва) та управління проектом; 8. Контроль якості та технічний нагляд; 9. Введення об'єкту в експлуатацію; 10. Моніторинг стану та експлуатація; 11. Демонтаж (у разі потреби).

На етапі ініціації проекту (обґрунтування) необхідна швидка оцінка руйнувань та потреб за допомогою передових технологій, а саме: оперативне використання БПЛА та супутникових знімків для картографування руйнувань дорожнього полотна, мостів, залізничних колій, аеродромів [3]; накладання даних про руйнування на існуючі географічні інформаційні системи (ГІС) з детальною інформацією про транспортну мережу для отримання комплексної оцінки впливу руйнувань на логістику та транспортні потоки; моделювання альтернативних маршрутів, оцінка ефективності та вартості відновлення різних транспортних маршрутів або створення тимчасових об'їздів. На етапі визначення характеру руйнувань споруди та дослідження місця будівництва тимчасового мосту необхідним є швидке отримання достовірних даних, де інноваціями є: дистанційне обстеження зруйнованих (пошкоджених) споруд за допомогою систем дистанційного зондування та збору даних таких як Лідар-сканування (LIDAR) з БПЛА (метод для створення високоточних 3D-моделей зруйнованих об'єктів та місцевості) та використання дронів з камерами високої роздільної здатності [4]; визначення геологічних умов

району будівництва із застосуванням геолокаційного радару (GPR) для неруйнівного дослідження ґрунтів та визначення місця спорудження фундаментів; неруйнівний контроль матеріалів (NDT) вцілілих конструкцій із використанням ультразвукових та магнітних методів з метою оцінки можливості їх повторного застосування; створення цифрових двійників об'єктів за рахунок об'єднання результатів дистанційного зондування, геофізичних досліджень та наявної картографічної інформації в єдиній ГІС, на основі яких можна проводити точні розрахунки та моделювати різні сценарії відновлення.

Інновації на етапі проєктування мають на меті не лише прискорити процес, а й підвищити точність розрахунків, оптимізувати вибір конструктивних рішень і забезпечити їхню ефективність: цифрове моделювання та інформаційне моделювання споруд BIM дозволяє створити єдину цифрову модель майбутньої споруди, що об'єднує конструктивні та інженерні дані це значно прискорює розробку документації, автоматизує розрахунки та мінімізує помилки; автоматизовані розрахунки та оптимізація з використанням передового програмного забезпечення (наприклад, SCAD, LIRA-SAPR, Ansys) дозволяє проводити складні інженерні розрахунки, включаючи аналіз навантажень, стійкості та міцності; генеративний дизайн (Generative Design) де алгоритми штучного інтелекту генерують оптимальні конструктивні рішення на основі заданих параметрів (потрібна вантажопідйомність, габарит проїзду, наявні конструкції та інші) [5]; інтеграція даних з 3D-моделей, створених на етапі вишукувань, в середовище проєктування, що дозволяє створювати точні проєкти, які враховують реальну геометрію та стан об'єкта.

На етапі отримання дозвільної документації та правового супроводу інновації зосереджені на спрощенні, автоматизації та прискоренні бюрократичних процесів: цифрові платформи та електронний документообіг з використанням єдиних державних онлайн-платформ для подачі заявок на отримання дозволів, ліцензій та погоджень; застосування електронних цифрових підписів для всіх документів, що супроводжують проєкт; розробка програмного забезпечення, що автоматично перевіряє подану документацію на відповідність базовим нормам та вимогам, що значно прискорює процес попереднього розгляду; ухвалення на законодавчому рівні спеціальних нормативних актів; запровадження системи, де всі необхідні дозволи можна отримати через одну централізовану службу або орган; використання онлайн-систем, які дозволяють моніторити статус розгляду кожного документа в режимі реального часу.

На етапі матеріально-технічного забезпечення інновації спрямовані на те, щоб швидко та ефективно доставити необхідні матеріали й обладнання на місце відновлення. Головна мета — мінімізувати час очікування та забезпечити безперебійне постачання в умовах дефіциту: використання програмного забезпечення (ERP-систем) для моніторингу руху матеріалів від постачальника до місця будівництва в реальному часі; інтеграція цифрової моделі проєкту (BIM) з системами постачання, що дозволить автоматично формувати списки необхідних матеріалів і обладнання та зменшує ймовірність помилок. На етапі визначення технології виконання робіт інновації зосереджені на автоматизації, роботизації та застосуванні сучасних будівельних методів для прискорення процесу, підвищення безпеки та якості. Технології виконання робіт залежать від розвитку будівельних матеріалів, конструкції і техніки, тому інновації в цих сферах створюють умови для розвитку технологій тимчасового відновлення (будівництва).

На етапі організації відновлення та управління проектом інновації полягають у впровадженні гнучких, інтегрованих та високотехнологічних систем, які дозволяють ефективно керувати всіма ресурсами в умовах невизначеності та обмеженого часу. На етапі контролю якості та технічного нагляду інновації зосереджені на використанні автоматизованих систем і дистанційних методів, що дозволяє забезпечити високу якість робіт, не сповільнюючи процес, і мінімізувати присутність інспекторів у небезпечних зонах: використання спеціальних мобільних додатків інспекторами для фіксації результатів перевірок на місці, уся інформація миттєво завантажується в центральну базу даних, де її можуть бачити всі зацікавлені особи; використання блокчейну для створення незмінного запису про якість матеріалів, етапи робіт та результати інспекцій; віртуальні та доповнені реальності (VR/AR), дозволяють накладати проєктну документацію на реальний об'єкт, що допомагає інспекторам швидко перевірити, чи відповідає побудована конструкція кресленням і стандартам.

Етап введення в експлуатацію інновації перетворюють традиційне введення в експлуатацію на швидкий, прозорий та автоматизований процес, який гарантує безпеку та ефективність тимчасової споруди: замість паперових актів і проєктів, уся документація зберігається в єдиній цифровій системі, що дозволяє членам приймальної комісії отримувати доступ до всіх даних (результатів інспекцій, звітів, креслень) з будь-якого пристрою; члени комісії, які не можуть бути присутні на об'єкті фізично, можуть долучатися до приймання через відеозв'язок, вони можуть бачити об'єкт у реальному часі за допомогою камер, встановлених на дронах або на будівельній техніці; на основі BIM-моделі, даних вишукувань, матеріалів та звітів про якість створюється повний цифровий паспорт об'єкта. На етапі моніторингу та експлуатації інновації зосереджені на забезпеченні безпеки та довговічності тимчасових споруд, що досягається шляхом переходу від періодичних інспекцій до безперервного, автоматизованого контролю: на ключових елементах споруди встановлюються бездротові сенсори, які в режимі реального часу відстежують такі параметри, як вібрація, деформація, температура, напруга і вологість; дрони використовуються для регулярних візуальних інспекцій об'єкта; на основі даних з сенсорів та дронів створюється постійно оновлюваний цифровий двійник об'єкта; системи можуть автоматично генерувати завдання для обслуговуючого персоналу, вказуючи, які елементи потребують уваги і в який термін. Етап демонтажу тимчасової споруди має бути таким же ефективним і безпечним, як і її будівництво. Інновації тут спрямовані на мінімізацію впливу на довкілля, підвищення безпеки робітників та можливість повторного використання матеріалів.

Висновок: Таким чином, ефективне та швидке відновлення транспортної інфраструктури в умовах масштабних руйнувань можливе лише завдяки комплексному впровадженню інноваційних підходів на всіх етапах життєвого циклу проєкту. Впровадження таких інновацій дозволить не лише значно скоротити терміни робіт та підвищити їхню якість, але й мінімізувати ризики для життя та здоров'я людей, які працюють в небезпечних умовах. Зрештою, інновації у відновленні транспортної інфраструктури є не просто питанням технологічного розвитку, а критичною умовою для забезпечення національної безпеки, економічної стабільності та соціального відродження постраждалих регіонів.

Список використаних джерел

1. Звіт про прямі збитки інфраструктури від руйнувань внаслідок військової агресії росії проти України станом на листопад 2024 року. Міністерство розвідки громад та територій.
2. ДБН А.3.1-5:2016 "Організація будівельного виробництва" — [Чинний з 01.01.2017].
3. Nadiia K., Andreas K., Pavlos K. (2025). *Rapid post-disaster infrastructure damage characterisation using remote sensing and deep learning technologies: A tiered approach*. Automation in Construction
4. Kim, I.-H.; Yoon, S.; Lee, J.H.; Jung, S.; Cho, S.; Jung, H.-J. A Comparative Study of Bridge Inspection and Condition Assessment between Manpower and a UAS. Drones 2022, 6, 355.
5. Xueqing Li, Weisheng Lu, Ziyu Peng. (2025). *Generative design for modular construction structures based on expert knowledge-informed graph neural networks and meta-heuristics*. Automation in Construction. Volume 179, November 2025

УДК 658.7:656.2:502

СТРАТЕГІЯ ЗЕЛЕНОЇ ЛОГІСТИКИ У ВІДНОВЛЕННІ ТА РОЗВИТКУ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВІЙНИ ТА ПІСЛЯВОЄННОЇ ВІДБУДОВИ

Дейнека О.Г.¹, д.е.н., професор; Ковальов А.Ю.², аспірант; Северченко Н.О.³, студентка
Український державний університет залізничного транспорту

¹ deyneka@kart.edu.ua, ² kovaliov85@kart.edu.ua, ³ severchenko@kart.edu.ua

Постановка проблеми. Війна спричинила масштабне руйнування транспортної інфраструктури України — залізниць, мостів, вокзалів, складів і логістичних вузлів, що призвело до розриву зв'язків між регіонами, втрати виробничих потужностей і зниження мобільності населення. Залізничний транспорт, який залишився основним каналом стратегічних перевезень, водночас зазнав колосальних навантажень і став критичним чинником забезпечення економічної, гуманітарної та оборонної стійкості держави.

У цих умовах завдання відновлення транспортної системи виходить далеко за рамки звичайного ремонту чи модернізації. Воно передбачає створення нової, більш стійкої, енергоефективної та екологічно відповідальної моделі транспортної логістики, здатної функціонувати в умовах гібридних загроз і забезпечувати безперервність перевезень навіть у кризових ситуаціях.

З огляду на євроінтеграційний курс України, впровадження екологічно орієнтованих підходів у транспортній сфері є не лише вимогою міжнародних партнерів, але й стратегічною потребою самої держави. Європейська комісія у межах ініціативи EU Green Deal (European Commission, 2020) визначає транспорт як один із ключових секторів для досягнення кліматичної нейтральності до 2050 року.

Відтак постає питання — яким чином концепція «зеленої логістики» може стати дієвим інструментом не лише зменшення екологічного навантаження, а й підвищення стійкості транспортної системи України у період війни та відновлення.

Мета дослідження. Метою роботи є обґрунтування концепції «зеленої логістики» як інноваційного підходу до відновлення та розвитку транспортної інфраструктури України, визначення її стратегічної ролі у формуванні безпечної, енергоефективної та стійкої системи залізничного транспорту в умовах війни та післявоєнної реконструкції.

Результати дослідження. Сучасна концепція «зеленої логістики» — це інтегрована система управління транспортними потоками, що поєднує економічну ефективність із принципами екологічної та соціальної відповідальності. Її застосування у сфері залізничного транспорту України відкриває можливості для структурної модернізації галузі відповідно до європейських стандартів і Цілей сталого розвитку ООН (ЦСР 9, 11, 13).

Сучасна концепція «зеленої логістики» розглядається як інтегрована система управління транспортними потоками, яка поєднує економічну ефективність із принципами екологічної, енергетичної та соціальної відповідальності. У сфері залізничного транспорту України її запровадження відкриває можливості для структурної модернізації галузі відповідно до європейських стандартів і Цілей сталого розвитку ООН (ЦСР 9, 11, 13). Підвищення енергетичної та ресурсної ефективності залізничних перевезень є першочерговим напрямом зеленої трансформації. Залізничний транспорт уже сьогодні має природну перевагу щодо викидів парникових газів: за даними UIC Global Rail Sustainability Report (2023) [1], обсяги CO₂ на тонно-кілометр у середньому на 75 % нижчі, ніж у автомобільного транспорту. Однак потенціал зменшення енергоспоживання залишається значним — його можуть забезпечити технології рекуперації енергії гальмування, використання гібридних або водневих локомотивів, а також модернізація тягових підстанцій. Приклади проєктів Alstom Coradia iLint та Siemens Mireo Plus H (Hydrogen Europe Rail, 2024 [2]) демонструють ефективність водневих технологій для середніх маршрутів, що особливо актуально для неелектрифікованих ділянок, які відновлюються після бойових дій.

Не менш значущим напрямом є цифровізація транспортних процесів і впровадження інтелектуального управління логістичними ланцюгами. Цифрові технології, зокрема системи Internet of Things та Big Data, дозволяють у режимі реального часу відстежувати стан рухомого складу, прогнозувати зношення, оптимізувати маршрути перевезень із урахуванням енергоспоживання та пропускної здатності мережі (Hernandez et al., 2025 [3]). Застосування digital twins — цифрових двійників об'єктів інфраструктури — забезпечує можливість моделювання надзвичайних ситуацій, оцінювання вразливості колій, мостів і вузлів, а також прогнозування наслідків руйнувань для підвищення безпеки перевезень.

Післявоєнне відновлення залізничної інфраструктури повинно базуватися на принципі build back greener — відновлювати краще, ніж було. Це означає впровадження сталих будівельних технологій, використання вторинних матеріалів, енергоощадних систем освітлення, екоорієнтованих стандартів ISO 14001 і матеріалів із низьким вуглецевим слідом. За оцінками World Bank (2025) [4], реалізація «зелених» інфраструктурних проєктів у транспортній сфері дозволяє знизити експлуатаційні витрати на 20–25 % і підвищити довговічність об'єктів у 1,5–2 рази. Екологізація рухомого складу є невід'ємною складовою зеленої логістики. Вона охоплює застосування біорозкладних мастил, перероблених матеріалів для обшивки вагонів, систем

зниження шуму та вібрацій, а також розвиток ремонтних депо як осередків циркулярної економіки, де впроваджується повторне використання компонентів і вторинної сировини.

Важливу роль у розбудові зеленої логістики відіграють інституційні та нормативні механізми. Без державної підтримки й узгодженого правового поля зелена трансформація транспорту неможлива. Директива ЄС 2022/362 (European Parliament, 2022 [5]) встановлює стандарти екологічної стійкості залізничних перевезень. Її імплементація в українське законодавство відкриє доступ до фінансування з фондів Connecting Europe Facility і Green Transport Initiative. Окрім того, запровадження механізмів «зелених закупівель» для державних компаній і системи сертифікатів сталого розвитку (Carbon Disclosure Project, 2024 [6]) сприятиме мотивації підприємств інвестувати у технології з низьким рівнем викидів.

Людський капітал виступає основним драйвером екологічних змін у транспортній сфері. Формування екологічної свідомості та цифрових компетентностей працівників транспорту має стати складовою державних освітніх програм. Університети транспортного профілю під час війни виконують подвійну функцію — забезпечують оперативну підготовку кадрів для роботи в екстремальних умовах і водночас формують культуру відповідального ставлення до довкілля (Čižiūnienė et al., 2024 [7]).

Необхідною умовою відбудови залізничної логістики є міжнародна співпраця. ЄС, Світовий банк і ЄБРР підтримують «зелені» інфраструктурні проєкти в Україні, пропонуючи грантові програми й пільгові кредити для модернізації рухомого складу та цифровізації управління (Bullock, 2023 [8]). Участь України в ініціативі Green Rail Corridors сприяє інтеграції до єдиного європейського транспортного простору, формуванню стійких експортних маршрутів і зміцненню енергетичної незалежності. Водночас екологічна логістика має соціальний вимір: енергоавтономні вокзали, використання сонячних панелей і систем повторного водозабезпечення перетворюють транспортні вузли на безпечні громадські простори, що можуть служити пунктами гуманітарної підтримки під час кризових ситуацій. Отже, екологічна модернізація транспорту тісно пов'язана з підвищенням безпеки, інноваційності та соціальної стійкості. Зелена логістика формує системне бачення відновлення галузі, у якому технологічний прогрес і екологічна відповідальність стають взаємопідсилювальними чинниками сталого розвитку.

Висновки. Концепція «зеленої логістики» у системі післявоєнного відновлення залізничного транспорту України є не декларативною, а практичною необхідністю. Вона забезпечує поєднання економічної доцільності, енергетичної самодостатності та екологічної відповідальності, що є основою довгострокової стійкості країни. Її впровадження вимагає створення цілісної державної програми «Зелена залізниця України», яка поєднуватиме інвестиції у технології, цифрову інфраструктуру, освітні ініціативи та міжнародне партнерство. Зелена логістика — це новий формат економічного мислення, у якому відновлення стає інструментом сталого розвитку, а екологія — каталізатором інновацій і безпеки. Сталий залізничний транспорт є фундаментом відродження економіки та майбутньої інтеграції України в європейський зелений транспортний простір.

Список використаних джерел

1. International Union of Railways (UIC). 2023 Global Rail Sustainability Report. – Paris: UIC, 2023. – 98 p.

2. Hydrogen Europe Rail. Hydrogen in Rail: Decarbonising European Transport. – Brussels Hydrogen Europe, 2024. – 56 p.
3. Hernandez A., Ng M. T. M., et al. Evaluation of Rail Decarbonization Alternatives: Framework and Application. – 2025. – arXiv preprint arXiv:2501.01614.
4. World Bank. Transforming Logistics: The Power of Rail Investment. – Washington, D.C. : World Bank, 2025. – 72 p.
5. European Parliament. Directive (EU) 2022/362 on the European rail system sustainability. – Brussels: EU Publications, 2022. – 28 p.
6. Carbon Disclosure Project. CDP Global Transport Report 2024. – London : CDP, 2024. – 63 p.
7. Čižiūnienė K., Matijošius J., Sokolovskij E., Balevičiūtė J. Assessment of Implementing Green Logistics Principles in Railway Transport: The Case of Lithuania // Sustainability. – 2024. – Vol. 16, № 7. – Art. 2716. DOI: 10.3390/su16072716.
8. Bullock R. Unlocking Green Logistics for Development: World Bank Working Paper. – Washington, D.C. : World Bank, 2023. – 44 p.

УДК 624.191

ВПРОВАДЖЕННЯ ДОСВІДУ МІКРОТУНЕЛЮВАННЯ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ФОРТИФІКАЦІЙНИХ ПІДЗЕМНИХ ОБ'ЄКТІВ

Купрій В.П., канд. техн. наук, доцент, Купрік І.Б., аспірант
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАУКИ ТА ТЕХНОЛОГІЙ, v.p.kuprii@ust.edu.ua

Постановка проблеми. Мікротунелювання (*microtunneling*, мікрощитовий спосіб) – це безтраншейна технологія механізованої проходки тунелів малого діаметра (до 3 м), що виконується із земної поверхні без доступу людини в забій [1]. Ця технологія характеризується високою точністю траси, автоматизованим контролем положення прохідницького щита та продавлюванням обробної обойми (труб) з приймального котловану [2].

Мікротунелювання є методом продавлювання (*pipe jacking*): на відміну від класичного щитового методу з активним переміщенням щита, просування здійснюється поступовим домкратним зусиллям через обсадні труби [3, 4]. Видалення ґрунту відбувається безпосередньо з забою, без відкритої траншеї, через внутрішні канали обсадних труб. Положення щита контролюється навігаційною системою, яка дозволяє коригувати напрям проходки за допомогою активних приводів (гідравлічних або електромеханічних). Проходка виконується в закритому режимі, оскільки робоча камера щита герметизована, що дає змогу утримувати необхідний привибійний тиск у залежності від гідрогеологічних умов [5].

Сучасна війна вимагає нових підходів до інженерного захисту, мобільності та збереження живої сили. Класичні фортифікаційні споруди (окопи, бліндажі, залізобетонні укриття) поступово доповнюються високотехнологічними рішеннями, здатними забезпечити прихованість, стійкість і функціональність навіть під вогнем противника. Мікротунелювання є тією технологією, що може забезпечити ці вимоги.

Особливої актуальності ця технологія набуває в умовах широкого застосування дронів. Масове використання БпЛА змінило саму логіку оборонних споруд: традиційні укриття, які раніше були ефективними, тепер легко виявляються з повітря, а інколи й знищуються без прямого

контакту людини. У таких умовах єдиним надійним захистом стає глибоко закладена підземна інфраструктура, що повністю прихована від візуального, теплового й радіоелектронного виявлення.

Мікротунелі відкривають можливість створення розгалуженої системи захищених ходів, пунктів управління, складів, платформ для запуску або укриття дронів, які можуть функціонувати навіть під постійною загрозою обстрілів. Саме підземний простір стає новим фронтом інженерної думки у сучасній війні – непомітним, але вирішальним.

Мета дослідження. Таким чином, впровадження мікротунелювання у фортифікаційному контексті – це складна багаторівнева інженерна задача, що охоплює цілий спектр технічних, логістичних та організаційних рішень.

Результати дослідження. Використовуючи принцип і тактику «Гнізда земляної осі», мікротунелі дозволяють створювати компактні, замасковані та глибоко захищені бойові платформи. Такий підхід докорінно змінює логіку оборони: замість лінійної оборони з великою кількістю особового складу, застосовується мережа підземних вогневих точок, сполучених тунелями, які забезпечують мобільність, прихованість і контроль території навіть під постійною загрозою вогневого ураження чи авіації.

У таких фортифікаціях непомітний з поверхні об'єкт здатен тривалий час діяти автономно, завдаючи втрат противнику та дезорієнтуючи його. Невеликий гарнізон, за умови правильної інженерної реалізації, може стримувати просування значно більших сил ворога, що є вкрай важливим у гнучкій обороні або на загрозливих напрямках. А, якщо система тунелів інтегрована у міську інфраструктуру або в інфраструктуру великого промислового підприємства, то це створює майже нездоланну перешкоду для ворога.

Мікротунелювання як технологія дозволяє:

- створювати укриття, невидимі для супутникової та аеророзвідки;
- розміщувати бойові дрони, системи зв'язку, склади БК та провізії;
- забезпечувати безпечне переміщення особового складу між позиціями навіть під вогнем;
- мінімізувати втрати, пов'язані з прямим ураженням або виявленням.

Одним із найчастіше згадуваних недоліків мікротунельного будівництва є порівняно тривалий час реалізації проєкту. Зведення повноцінного підземного вузла, навіть при використанні сучасного обладнання, вимагає ретельного планування, логістики, забезпечення електроенергією та персоналом. У порівнянні з швидким спорудженням традиційних бліндажів чи укриттів, це може здаватися занадто повільним рішенням для динамічного фронту.

Однак у реальності сучасної війни саме затяжний характер бойових дій змінює цю оцінку. Український досвід 2022-2025 років переконливо демонструє, що лінії фронту можуть залишатися сталими місяцями або навіть роками, а тимчасові позиції часто переходять у постійні. Саме тому довготривалі інженерні рішення починають відігравати ключову роль. Більше того, мікротунельна технологія дозволяє:

- розгортати роботи під час активної фази бойових дій, адже основні процеси відбуваються під землею;
- починати з мінімальних ділянок і поступово розширювати систему;
- маскувати будівництво, зменшуючи ризик ударів по об'єкту на етапі створення.

Серед ключових аспектів, що потребують глибокої уваги, є низка питань, вирішення яких дозволить успішно застосовувати технологію мікротунелювання.

Загально-будівельні:

- детальний інженерно-геологічний аналіз району робіт та підбір відповідного прохідницького комплексу;
- вибір досвідченого підрядника, здатного виконати проходку в умовах обмеженої логістики, підтиском часу й під загрозою вогневого ураження;
- локалізоване виробництво елементів оправи (тюбінгів або блоків), адаптованих до навантажень і конструктивних вимог фортифікацій;
- планування логістики будівництва, включно доставку матеріалів, розміщення техніки, енергозабезпечення й евакуаційні маршрути.

Загально-військові:

- заходи безпеки під час будівництва у зонах можливого ураження. Стартовий котлован, генератори та постійний потік вантажівок з тюбінгами та вивезеним ґрунтом – це ідеальна ціль для ворожої розвідки та ракетних ударів, що потребує засобів маскування наземних об'єктів будівництва і логістики;
- забезпечення секретності. Достатньо, щоб конфігурацію і технічні подробиці комплексу знали всього декілька повноважених осіб, тому режим секретності потрібно забезпечити майже з моменту прийняття рішення про будівництво;
- інтеграція об'єктів у загальну оборонну систему і організація взаємодії з іншими підрозділами.

Спеціалізовані:

- обладнання для улаштування вертикального проколу на поверхню з тунелю (вогнєві точки, вентиляція, спостереження, ретранслятори і навіть вихід штурмової групи);
- системи запуску БпЛА з підземного простору – захищених, мобільних і автоматизованих;
- внутрішній транспорт: мініатюрні електроплатформи або роботизовані візки, а також використання верхньої частини тунелю як монорейкової колії;
- відеоспостереження, управління і локальна оборона всередині тунельної системи – автономні сенсори, замкнене ППО, системи перекриття і герметизації в разі проникнення ворога.

Для умов бойових дій також надзвичайно важливими є мобільність комплексу, можливість швидкого згортання/переносу, мінімальна потреба в обслуговуванні, помірно енергоспоживання та відносна безшумність роботи. Саме тому на етапі проєктування важливо чітко розуміти, які саме завдання стоять перед системою, і які інженерно-геологічні обмеження диктує місцевість.

Успішне впровадження мікротунельної технології у фортифікаційному будівництві залежить не лише від наявності стратегічного бачення, а й від правильного технічного підбору обладнання, здатного працювати в конкретних геологічних умовах.

Висновки. Отже, хоча мікротунелі не можна збудувати «за ніч», вони забезпечують довгостроковий стратегічний результат, що не лише компенсує витрати часу, але й створює фундамент для стійкої оборони незалежно від ротації сил, пори року чи активності ворога. Попри вищу початкову вартість, будівництво мікротунельних укріплень є стратегічно виправданим,

оскільки воно знижує бойові втрати, підвищує ефективність оборони та створює об'єкти довготривалого використання. Більше того, після завершення бойових дій, такі підземні споруди можуть бути модифіковані для мирних цілей як елементи інфраструктури (комунікаційні канали, технічні галереї, системи підземного водовідведення, укриття для цивільного захисту). Таким чином, інвестиції у мікротунелі – це не лише внесок у перемогу на полі бою, а й інженерний заділ на десятиліття вперед.

Список використаних джерел

1. Wilkinson D. Successful microtunnelling: matters which must be considered. *Tunnelling and Underground Space Technology*. 1999. № 14(2). 47–61. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0886-7798\(00\)00020-1](https://doi.org/10.1016/S0886-7798(00)00020-1)
2. Daniel C. Construction Planning of Microtunnelling Works in Urban Areas'. *Australian Geomechanics*. 2006. № 41(1). 63–72.
3. Pyrih T. Y., Poberezhny L. Y., Zapukhliak V. B., Stoiko R. T. Technics and stages of work organization in the trenchless laying of pipelines using microtunnelling technologies. *Scientific Bulletin of UNFU*. 2018. № 27(10), 111–116. DOI: <https://doi.org/10.15421/40271021>
4. Balasubramaniam K., Tang S. K., Vaidya B. G., Tong S. Y., Cheng C. Y. Microtunnelling in challenging ground condition and site constraints. In *Proceedings of the 16th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*. 2005. 1587-1590). DOI: <https://doi.org/10.3233/978-1-61499-656-9-1587>
5. Wadood A., McCabe B. A., Sheil B. B. Field monitoring and instrumentation in microtunnelling/pipe jacking: A review and future directions. *Underground Space*. 2025. № 22. 225–240. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.undsp.2024.12.003>

УДК 338.2:656(477)

СТРАТЕГІЧНЕ ПЛАНУВАННЯ ТА ПРІОРИТЕТИ ВІДНОВЛЕННЯ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В УМОВАХ ВІЙНИ ТА ПІСЛЯВОЄННОЇ ВІДБУДОВИ

Бондар В.Ю.¹; Мустафаєва Я.А.², Центр досліджень,

Державна спеціальна служба транспорту,

¹ centrd@dsst.gov.ua, ²yanaeconomy1@icloud.com

¹ORCID: 0009-0004-8286-4060, ²ORCID: 0009-0007-0215-204X

Постановка проблеми. Транспортна сфера є складовою національної економіки, яка зазнала значних втрат унаслідок збройної агресії росії проти України — зокрема, через блокування більшості морських портів, закриття повітряного простору та масштабне руйнування інфраструктурних об'єктів. Система транспортного забезпечення відіграє ключову роль у функціонуванні економіки, оскільки забезпечує мобільність населення й вантажів, доступ до робочих місць і сервісів, а також сприяє розвитку торгівлі та загальному економічному поступу. Наразі транспортна система виконує лише базові функції перевезення, не відповідаючи повною мірою якісним вимогам, що диктуються сучасними соціально-економічними викликами. Окрім цього, нинішній рівень розвитку транспортної інфраструктури не повною мірою відповідає вимогам, необхідним для ефективної реалізації євроінтеграційного курсу України. Відтак постає

нагальна потреба у забезпеченні захисту об'єктів критичної інфраструктури. Особливу загрозу становить можливе руйнування або серйозне пошкодження конструктивних елементів судноплавних шлюзів, що може спричинити раптовий скид значного об'єму води. Такий сценарій несе ризики для життя і безпеки населення, а також загрожує негативними економічними та екологічними наслідками.

Також вразливими залишаються автомагістралі, залізничні колії, мости, тунелі та інші інженерні споруди, морські та річкові порти, авто- та залізничні вокзали і станції, а також енергетична інфраструктура, пов'язана з їх функціонуванням, зокрема тягові підстанції, контактна електромережа тощо. Ці всі фактори негативно впливають на конкурентоспроможність та ефективність національної економіки.

Мета дослідження. Метою дослідження є формування стратегічних підходів до відновлення та модернізації транспортної інфраструктури України з урахуванням економічних, соціальних, виробничих і міжнародних чинників у контексті воєнного періоду.

Результати дослідження. Повномасштабна збройна агресія росії проти України негативно вплинула на транспортну систему держави. Із введенням воєнного стану автомобільний та залізничний транспорт виконують надважливі, для обороноздатності держави, функції: забезпечення можливості евакуації та мобільності населення, переміщення військової техніки, гуманітарних вантажів тощо. Проте, ефективне виконання цих завдань стикається з низкою операційних та технологічних перешкод. Динамічна ситуація на автомобільних та залізничних шляхах унеможливорює врахування даних про перешкоди, ремонтні роботи чи обмеження руху. Окрім того, відсутність інтеграції з інформаційною системою АЕСУМ (аналітично-експертна система управління мостами, яка використовується в дорожньому господарстві для забезпечення надійності мостів) обмежує використання даних про вагові та геометричні параметри мостів. Це у свою чергу не дає можливості передавати дані про негабаритні перевезення до єдиної інформаційної бази Агентства відновлення. Існує необхідність удосконалення інформаційно-аналітичної системи, що забезпечить її ефективніше використання на більш високому рівні та підвищить ефективність роботи користувачів [1, с.222]. Проте внаслідок збройної агресії відбулося подальше скорочення державного фінансування, утримання та модернізації транспортної інфраструктури. Саме в цих умовах обмежених ресурсів та безпекових викликів особливої ваги набуває чітке визначення пріоритетів.

У загальному контексті, ключовими пріоритетами у процесі відновлення транспортної інфраструктури є гарантування національної безпеки, інтеграція до європейських транспортних систем і підвищення рівня сервісного обслуговування. Серед стратегічних орієнтирів — оновлення матеріально-технічної бази, впровадження екологічно сталих технологій, зміцнення інституційної спроможності та системна протидія корупційним ризикам. [2]. Відтак, для максимального використання транспортного потенціалу необхідно створити клієнтоорієнтовану систему транспортного обслуговування та втілити заходи що забезпечать ефективну організацію роботи дорожньо-транспортного комплексу країни. Також необхідно змінити зовнішні та внутрішні логістичні маршрути, адаптувати мережі автомобільних доріг до вимог воєнного стану та повоєнного відновлення. У межах проведеного дослідження з ідентифікації ризиків функціонування єдиної транспортної системи України (ЄТСУ) було здійснено систематизацію та

обґрунтування комплексу первинних, вторинних і каскадних ризиків. Виявлені загрози охоплюють, зокрема, зростання логістичних витрат, загострення демографічної кризи внаслідок вимушеної міграції, обмеження доступу до медичних і освітніх послуг, довготривале екологічне забруднення, а також тимчасове часткове уповільнення економічного розвитку. [3].

Для мінімізації цих ризиків та подолання ключових викликів, пов'язаних із повоєнним відновленням транспортної інфраструктури, необхідно реалізувати комплекс цільових заходів, до яких відноситься:

- підвищення ефективності внутрішніх логістичних операцій вантажного транспорту за рахунок усунення існуючих перешкод та вдосконалення відповідної інфраструктури;
- гармонізування національного законодавства з нормативно-правовою базою Європейського Союзу у сфері автомобільного транспорту;
- розширення мережі міжнародних повітряних сполучень;
- відновлення судноплавства на всій протяжності української частини р. Дніпро та інших судноплавних ділянках внутрішніх водних шляхів України (зокрема р. Дністер, Горинь, Стир);
- забезпечення підвищення привабливості галузі транспорту на ринку праці, в тому числі за рахунок додаткового захисту трудових та соціальних прав працівників;
- запровадження розроблення більш обґрунтованих та ефективних програмних документів у галузі транспорту;
- сприяння інтеграції результатів наукових досліджень, обґрунтованих висновків і рекомендацій у процесі формування та реалізації державної політики в транспортній сфері.

Оцінювання ефективності реалізації стратегії відновлення транспортної інфраструктури здійснюється шляхом моніторингу та аналізу відхилень фактичних показників від запланованих. У зв'язку з дією правового режиму воєнного стану, до моменту його припинення або скасування використовуються орієнтовні індикатори досягнення стратегічних цілей.

Для зниження логістичних витрат доцільно впровадити низку стратегічних підходів, зокрема: вибір оптимальних умов постачання відповідно до базових положень INCOTERMS (International Commercial Terms — міжнародні комерційні умови), оптимізація транспортних маршрутів, пошук більш економічно вигідних складських рішень, удосконалення процедур митного оформлення, а також формування довгострокових партнерських відносин із перевізниками. Для України важливо створити умови, що забезпечують реалізацію стратегічних заходів у межах повоєнного відновлення. До таких умов належать: впровадження планів і стратегій реконструкції, аналіз балансу між внутрішніми та зовнішніми завданнями щодо відновлення життєвого простору, оцінка позитивних і негативних наслідків відновлення промислового потенціалу після збройних конфліктів, подолання дефіциту товарів (на основі їх попередньої сегментації), мінімізація ризиків девальвації в процесі економічного відновлення, а також формування засад загальноєвропейського співробітництва.

Висновки. Проведений аналіз дозволив встановити, що ефективне відновлення транспортної галузі вимагає не просто відбудови зруйнованих об'єктів, а системного перегляду підходів до управління та планування. Орієнтуючись на результати дослідження, в межах якого було проаналізовано економічні, соціальні та виробничі аспекти воєнного періоду, сформульовано

ключові стратегічні пріоритети. Також окреслено напрям стратегічного планування для відновлення та розвитку транспортної інфраструктури України.

Завдяки ефективному стратегічному плануванню Україна здатна переорієнтуватися, трансформуючи наявні виклики на нові можливості. Пріоритет слід надавати підвищенню продуктивності праці та використанню наслідків війни як імпульсу для модернізації економіки й державного управління — зокрема через впровадження “зелених” технологій, підвищення енергоефективності об’єктів інфраструктури, задіяних у наданні державних послуг. Такий підхід не лише компенсує дефіцит робочої сили, а й прискорить інтеграцію України в глобальну економіку.

Список використаних джерел.

1. Наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету. – К.: НТУ, 2025, Вип. 81. – 954 с. URL: https://drive.google.com/file/d/1yt30LyR_zBQLtFYIMw8RDMgRfKrpZvW/view
2. Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року та затвердження операційного плану заходів з її реалізації у 2025-2027 роках // *Офіційний вебпортал парламенту України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1550-2024-п#Text>
3. Хоменко Є.В., Нестеров Д.Ю., Смел’янова С.М. Аналітично-довідковий матеріал: Ризики єдиної транспортної системи України в сучасних умовах українсько-російської війни. – Дніпро: Центр Досліджень, 2025. – 77 с. URL: <https://www.academia.edu/130212204/>

УДК 625.143.2:621.317.39

ОЦІНКА СТАНУ ЗАЛІЗНИЧНОЇ КОЛІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ІНЕРЦІАЛЬНИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ БЛОКІВ

Потапов Д.О.¹, канд. техн. наук, доц.; **Вітольберг В.Г.**², **Чесак С.С.**³, аспірант
«Український державний університет залізничного транспорту»
¹ ppx_xiit@kart.edu.ua, ² vitolberg@kart.edu.ua, ³ serheychesak@gmail.com

Постановка проблеми. Надійність та ефективність залізничних перевезень безпосередньо залежить від стану колії. Пошкодження рейкового полотна, нерівності колії та дефекти можуть призводити до зупинок поїздів, аварійних ситуацій та економічних втрат, що особливо актуально в умовах війни та післявоєнної відбудови транспортної інфраструктури. Оперативне виявлення дефектів та оцінка геометрії колії є ключовим елементом забезпечення транспортної безпеки та стратегічного планування логістичних маршрутів.

В останні роки методики використання інерціальних вимірювальних блоків на рухомому складі, що перебуває в експлуатації, активно розвиваються у США, Європі, Японії та інших країнах. Вони дозволяють отримувати інформацію про динамічні характеристики колії без залучення спеціалізованого колієвимірювального рухомого складу, що відкриває можливості для безперервного моніторингу стану колії та підвищення безпеки перевезень. Впровадження подібних технологій в Україні може стати інструментом стратегічного планування відновлення та

модернізації залізничної інфраструктури, зокрема для підвищення надійності логістичних ланцюгів у післявоєнний період [1–5].

Мета дослідження. Метою даного дослідження є експериментальне оцінювання ефективності використання інерціальних вимірювальних блоків, встановлених на рухомому складі, для збору та аналізу даних про динамічну взаємодію «колесо–рейка» на реальних ділянках залізничної колії. Дане дослідження спрямоване на адаптацію та перевірку цього підходу для умов української залізничної інфраструктури. Основна увага приділяється виявленню локальних дефектів рейкової колії та оцінці амплітудних характеристик прискорень, що виникають у процесі взаємодії «колесо–рейка».

Дослідження передбачає:

- визначення оптимальних місць встановлення датчиків на рухомому складі;
- розробку та випробування конструкції кріплення датчиків для забезпечення стабільного та точного вимірювання;
- збір даних з датчиків під час руху вагона по ділянці колії;
- первинну обробку та аналіз отриманих сигналів для виділення характерних пікових прискорень та закономірностей у динамічній реакції колісних пар;
- оцінку потенційної можливості застосування цієї методики для регулярного моніторингу стану колії та прогнозування появи дефектів.

Завдяки реалізації цих завдань дослідження може слугувати основою для розробки нових підходів до контролю стану колії в умовах інтенсивного руху, що забезпечують оперативне отримання даних без залучення спеціалізованого колієвимірювального рухомого складу.

Результати дослідження. Дослідна ділянка колії представлена однією з найбільш поширених конструкцій залізничної колії в Україні та експлуатується в умовах, близьких до типових для вантажного руху. Ділянка, загальною довжиною 12,433 км, включає як прямі, так і криві відрізки, що дозволяє дослідити реакцію системи «колесо–рейка» в різних інфраструктурних умовах та забезпечити репрезентативність отриманих даних.

Під час експерименту були використані інерціальні вимірювальні блоки WitMotion WT901SDCL, встановлені на буксах колісних пар дослідного вагона, а також додатковий блок WitMotion BWT901CL, закріплений безпосередньо на рейковій стиковій накладці. Дані блоки дозволяють вимірювати прискорення у трьох площинах, кутові швидкості та нахили (інклінометри) з високою точністю ($\pm 0,05^\circ$ для нахилу, $\pm 0,003$ g для прискорень). Частота роботи датчиків становила 200 Гц, що дозволило фіксувати короткочасні пульсації та удари коліс у стиках або на нерівностях колії.

Датчики на буксах колісних пар були встановлені на сталевих пластинах, що фіксуються за допомогою неодимових магнітів. Такий спосіб кріплення забезпечує надійну фіксацію датчиків, зменшує вплив вібрацій та шуму, а також дозволяє коригувати положення для оптимального зчитування сигналів. Аналогічна конструкція застосована для додаткового датчика на стиковій накладці рейок.

Для визначення положення вагона на колії під час експерименту використовувався GNSS-трекер Columbus P-1 Mark II, налаштований на частоту 5 Гц з використанням усіх доступних супутникових угруповань. Таке налаштування забезпечило достатню точність та дозволило

синхронізувати час і просторові координати з сигналами датчиків, що важливо для аналізу локальних ефектів нерівностей колії.

Дані з датчиків записувалися локально на внутрішню пам'ять блоків, що забезпечило автономність експерименту та виключало ризик втрати сигналу під час руху. Для оптимізації автономної роботи батареї датчиків на бусах були замінені на зовнішні енергетичні комірки від автомобіля Tesla, що збільшило час роботи з 5 годин до 3 діб без підзарядки.

Перші тестові вимірювання проводилися на контрольних ділянках з використанням спеціалізованого тягового рухомого складу на коротких відрізках колії. Це дозволило перевірити надійність кріплення датчиків, коректність зчитування сигналів та оптимізувати конфігурацію пристроїв. Було зафіксовано характерні пікові значення прискорень у місцях стиків рейок та на кривих ділянках колії, що підтверджує чутливість системи до локальних нерівностей.

Процес первинної обробки даних включав видалення зайвих записів до початку експерименту та після його завершення, синхронізацію часу між датчиками та трекером, розбиття масивів даних за кілометровими відмітками та ресемплінг сигналів для приведення всіх датчиків до спільної часової бази. Це дозволяє коректно аналізувати динамічні характеристики рухомого складу, виділяти пікові значення та закономірності коливальних, а також підготувати дані для подальшого спектрального та хвильового аналізу.

Таким чином, отримані результати показали, що запропонований підхід дозволяє збирати високоточну інформацію про динаміку взаємодії «колесо–рейка» та може стати базою для методики оперативного контролю стану колії і прогнозування появи дефектів.

Висновки. Отримані результати підтверджують ефективність використання інерціальних вимірювальних блоків, встановлених на експлуатованому рухомому складі, для оцінювання стану залізничної колії. Запропонований підхід дозволяє проводити моніторинг у реальних експлуатаційних умовах без необхідності використання спеціалізованого вимірювального обладнання, що сприяє оперативному виявленню дефектів та нерівностей колії.

Подальші дослідження будуть спрямовані на вдосконалення алгоритмів спектрального та часово-частотного аналізу сигналів, виділення критичних зон колії та розроблення моделей прогнозування появи дефектів на основі тривалих спостережень.

Таким чином, запропонована методика може стати складовою системи «розумного моніторингу» залізничної інфраструктури, що дозволить підвищити ефективність обслуговування колії, забезпечити безпеку перевезень та своєчасно виявляти потенційно небезпечні дефекти в умовах відновлення та модернізації залізничної мережі.

Список використаних джерел

1. Andrzej Chudzikiewicz, Roman Bogacz, Mariusz Kostrzewski, Robert Konowrocki (2018). *Condition Monitoring of Railway Track Systems by Using Acceleration Signals on Wheelset Axle-Boxes*. Vilnius Gediminas Technical University. TRANSPORT, 2018 Volume 33(2): 555–566. doi:10.3846/16484142.2017.1342101.
2. Tsunashima, H.; Ono, H.; Takata, T.; Ogata, S (2023). *Development and Operation of Track Condition Monitoring System Using In-Service Train*. Appl. Sci. 2023, 13, 3835. <https://doi.org/10.3390/app13063835>.

3. Amir Falamarzi, Sara Moridpour & Majidreza Nazem (2019). *A Review on Existing Sensors and Devices for Inspecting Railway Infrastructure*. RMIT University, Australia. Jurnal Kejuruteraan 31(1) 2019: 1-10. [https://doi.org/10.17576/jkukm-2019-31\(1\)-01](https://doi.org/10.17576/jkukm-2019-31(1)-01).
4. Tomas Karis (2018). *Correlation between Track Irregularities and Vehicle Dynamic Response Based on Measurements and Simulations*. Licentiate Thesis. Stockholm, Sweden, 2018.
5. Imanol Bravo, Unai Alvarado, Javier Nieto, Pablo Cíaurriz (2025). *On-board accelerometers in railway track condition monitoring. A systematic review*. Transportation Research Interdisciplinary Perspectives 33 (2025) 101572. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2025.101572>

УДК 625.7/.8

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ САМОВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ В ТРАНСПОРТНІЙ ІНФРАСТРУКТУРІ

Лужицький О.Ф.¹, ст. викл.; Стасенко С.С.², аспірант; Чепурна К.О.³ – студентка
ННІ «Дніпровський інститут інфраструктури і транспорту»
Українського державного університету науки і технологій
¹ o.f.luzhickii@ust.edu.ua, ² 23031@stud.ust.edu.ua, ³ kara.naw.law.2004@gmail.com

Постановка проблеми. Проблема довговічності транспортних споруд залишається ключовою для інженерної практики: мікро- та макротріщини прискорюють корозію арматури й руйнування конструкцій, що призводить до значних експлуатаційних витрат і підвищених викидів, пов'язаних із ремонтом. Це прямо впливає і на час доставки та довжину логістичних маршрутів, що для деяких видів вантажу є достатньо критичним. Також стан інфраструктури прямо впливає у воєнний час на оперативну роботу військ, і через агресію РФ проти України, питання стану інфраструктури стоїть на першому місці як для доставки особового складу та вантажів, так і евакуації цивільних та поранених. В таких випадках необхідно активно впроваджувати інноваційні технології та методики будівництва, до яких відносяться і самовідновлювальні матеріали, які пропонують підхід, коли матеріал має вбудовані засоби локального самовідновлення — автогенні або автономні — що дозволяє зменшити інтервали технічного обслуговування і підвищити стійкість споруд [1; 2].

Мета дослідження. Метою роботи є аналіз сучасних підходів до створення самовідновлювальних матеріалів для транспортної інфраструктури, зокрема біобетонів, інкапсульованих ремонтних систем та самовідновлювальних асфальтобетонів. Розглянуто фізико-хімічні та біологічні механізми відновлення, носії й методи іммобілізації агента, кількісні характеристики ефективності, результати лабораторних і польових випробувань, оцінки життєвого циклу (LCA) та практичні приклади застосування. На основі аналізу виконується дослідження щодо доцільності тестових пілотів та умов впровадження в Україні.

Результати дослідження. Сучасні системи самовідновлення для цементних і асфальтобетонних матеріалів можна поділити на автогенні механізми, інкапсульовані хімічні системи та біологічні системи. Автогенне самовідновлення ефективне для дуже малих тріщин

(порядку десятків–сотень мікрометрів) і залежить від наявності води та незрідженого цементного матеріалу [3]. Інкапсульовані системи забезпечують миттєве вивільнення ремонтного агента при розриві капсули і можуть працювати за відсутності біологічної активності, проте їхня довговічність і вплив на механічні властивості матриці потребують ретельної оптимізації [4]. Біобетон, використовують спороутворюючі штами роду *Bacillus*, які в присутності вологи і карбонатного прекурсора утворюють осад CaCO_3 , замазуючи тріщину та додаючи водонепроникність; цей процес називають біомінералізацією [5].

Ефективність біологічних систем значною мірою залежить від методу доставки та захисту організмів від лужного середовища і механічних навантажень під час перемішування бетону. Застосовуються пористі носії (легкі наповнювачі — LWA, перліт), мікрокапсуляція спор в полімерних оболонках, а також імпрегнація у фрагменти вторинного щебеню (recycled coarse aggregate — RCA) із вакуумною процедурою для підвищення поглинання й захисту спор. Практичні випробування показали, що RCA як носій має додаткові переваги сталості — вторинне використання будівельного відходу і може забезпечувати ширину загоєння до ~ 1.1 мм при оптимально підібраних сумішах та іммобілізації [5]. Такий підхід поєднує два тренди сталого будівництва: зниження потреби у первинних ресурсах та збільшення довговічності конструкцій.

Швидкість і повнота заповнення тріщини залежать від ширини апертури, наявності вологи, температури, віку бетонної матриці при появі тріщини та концентрації/поширення агента. Лабораторні дані демонструють, що для мікротріщин до 0.3 мм при періодичних режимах зволоження повне або практично повне залікування може відбутися в інтервалі 7–28 діб; для більших тріщин (>0.5 мм) необхідні спеціальні носії та підвищене дозування агента [5].

Відзначається варіабельність у відновленні механічних властивостей: від часткового до високого відновлення міцності в залежності від типу агента, носія й умов випробувань. Під час оцінки здатності таких систем знижувати проникність і корозійну активність арматури отримані результати виглядають переконливо: утворений CaCO_3 не лише заповнює тріщину, але й створює бар'єр для проникнення кородуючих іонів, що потенційно зменшує швидкість корозійного руйнування [5-7].

Оцінки життєвого циклу показують, що використання самовідновлювальних систем може зменшувати сумарні викиди CO_2 і витрати протягом життєвого циклу, особливо на інфраструктурних ділянках з високою інтенсивністю руху, де ремонтні роботи дорогі і створюють значні непрямі витрати. Моделювання в деяких дослідженнях і прикладних звітах свідчить про потенційне зниження викидів на рівні десятків відсотків та суттєве зниження LCC при масовому застосуванні, хоча ці оцінки чутливі до ціни активних агентів, частоти ремонтів і локальних умов виробництва [8].

Практичні верифікації технології найактивніше відбуваються через пілотні проекти та дослідні майданчики. Помітним кейсом є пілотний об'єкт у Нідерландах, де компанія Heijmans спільно з ProRail використала біобетон у проекті Rijen; у цій реалізації зазначається застосування приблизно 6 кг спор на 1 m^3 суміші та зниження горизонтального армування приблизно на 35 %, при цьому фіксовано підвищену водонепроникність і очікувану довговічність [9; 10]. Польові

дослідження пішохідного мосту з біобетону в умовах континентального клімату також демонструють прийнятну роботу біоагентів у реальних умовах і збір даних для подальшої валідації [11]. Звітні проекти NCHRP-IDEA та інші ініціативи свідчать про промислову зацікавленість у розробці практичних рішень для дорожньої інфраструктури [12].

Незважаючи на значний потенціал, на шляху до широкого впровадження стоять кілька істотних бар'єрів. Початкова собівартість матеріалів і технологій (біоагенти, капсули, підготовлені носії) перевищує собівартість традиційних сумішей, що зменшує привабливість для проектів з обмеженим бюджетом. Також питання довговічності біоагентів у сильно лужному середовищі цементного каменю і під дією температурних коливань залишаються відкритими – потрібні десятилітні польові спостереження для впевненості в стабільності таких систем. По-третє, відсутність єдиних стандартів випробувань і методик приймання робіт ускладнює процес сертифікації і широкого впровадження [12].

Для адекватної оцінки доцільності та адаптації технології в українських умовах рекомендується поетапний підхід: перший етап — лабораторне доопрацювання сумішей із локальними наповнювачами (включно з RCA) та визначення оптимальних носіїв і дозувань; другий етап — організація 2–4 пілотних ділянок на реальних об'єктах (мостові плити, підпірні стіни, ділянки магістралей), з детальним моніторингом проникності, корозійної активності арматури і механічної поведінки під циклічними навантаженнями; третій етап — оцінка LCA/LCC для прийняття економічного рішення про масштабну імплементацію [5,8]. Важливою є участь академічних установ у розробці методик випробувань і формуванні національних технічних регламентів.

Висновки. Самовідновлювальні матеріали мають потужний науково-практичний потенціал для підвищення довговічності транспортної інфраструктури, зменшення експлуатаційних витрат і екологічного впливу будівництва. Наявні лабораторні результати й перші польові пілоти демонструють реальні переваги, проте для початку масштабного впровадження необхідні стандартизовані методики випробувань, пілотні проекти в локальних умовах, економічні моделі та державно-промислова координація. За умови системного і поетапного підходу самовідновлювальні матеріали можуть стати одним із ключових інструментів модернізації і сталого розвитку дорожньої та мостової інфраструктури в Україні.

Список використаних джерел

1. Applications of self healing nano concretes / K. Anwar та ін. Smart Nanoconcretes and Cement-Based Materials: Properties, Modelling and Applications. 2019. С. 501–524. URL: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817854-6.00022-2>.
2. Self-Healing Concrete. Ingenia. URL: <https://www.ingenia.org.uk/articles/self-healing-concrete/>
3. Guzlena S., Sakale G. Self-healing concrete with crystalline admixture – a review. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. вип. 660. URL: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/660/1/012057>.

4. Yu Zhu D., Zhi Rong M., Zhang M. Self-healing polymeric materials based on microencapsulated healing agents: From design to preparation. Progress in Polymer Science. 2015. вип. 49-50. С. 175–220. URL: <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2015.07.002>.)
5. Bio-mineralized self-healing recycled aggregate concrete for sustainable infrastructure / R. A. Khushnood та ін. Science of The Total Environment. 2020. вип. 701. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135007>
6. Experimental study on self-healing capability of cracked ultra-high-performance hybrid-fiber-reinforced cementitious composites / S. Kwon та ін. Sustainable Construction Materials and Technologies. 2013.
7. Mors R., Jonkers H. Feasibility of lactate derivative based agent as additive for concrete for regain of crack water tightness by bacterial metabolism. Industrial Crops and Products. 2017. вип. 106. С. 97–104. URL: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.10.037>.
8. Consequences of long-term infrastructure decisions - The case of self-healing roads and their CO2 emissions / A. M. Rodríguez-Alloza та ін. Environmental Research Letters. 2019. вип. 14. URL: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab424a>.
9. The first project using self-healing concrete in the Netherlands. MaterialDistrict. 19.07.2024. URL: <https://materialdistrict.com/article/the-first-project-using-self-healing-concrete-in-the-netherlands/>.
10. Concrete That Heals Itself with Bacteria could Transform the Built Environment. Highways Today. 15.08.2025. URL: <https://highways.today/2025/08/15/concrete-healing-bacteria/>.
11. Jakubovskis R., Boris R. The Construction of a Footbridge Prototype with Biological Self-Healing Concrete: A Field Study in a Humid Continental Climate Region. Materials. 2022. вип. 23. URL: <https://doi.org/10.3390/ma15238585>.
12. Yu X. (Bill), Opal J., Vanderhoof R. A. Development of An Innovative Biomediated Self-Healing Concrete Technology. Case Western Reserve University, 2023.

УДК 330.4

ЗАСТОСУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ ОЦІНЦІ ВАРІАНТІВ ЛОГІСТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВНИЦТВА ФОРТИФІКАЦІЙНИХ СПОРУД

Щека І.М.¹, к.т.н., доц., кафедра «Військової підготовки спеціалістів
Держспецтрансслужби», Український державний університет науки і технологій, Україна
Боренко М.В.², доц. кафедра «Військової підготовки спеціалістів
Держспецтрансслужби», Український державний університет науки і технологій, Україна
Черкудінов В.Е.³, аспірант ННІ «Дніпровський інститут інфраструктури і транспорту»
Українського державного університету науки і технологій

¹ i.m.shcheka@ust.edu.ua, ² m.v.borenko@ust.edu.ua, ³ v.e.cherkudinov@ust.edu.ua

Постановка проблеми. Спорудження фортифікаційних споруд в Україні є критично важливим для захисту військових та цивільного населення, створення оборонних ліній та

забезпечення безпеки держави. Проблемні питання будівництва фортифікаційних споруд включають логістичну складову, забезпечення матеріалами, фінансування, координацію робіт, кваліфіковану робочу силу, а також безпеку будівельних майданчиків. На практиці це може призводити до затримок у будівництві, низької якості споруд, недостатнього рівня захисту, збільшення витрати ресурсів [1;2].

Актуальним є питання визначення найбільш раціональних методів та способів транспортування матеріалів, пошуку варіантів схем заготівлі та підвезення матеріалів для будівництва фортифікаційних споруд, їх аналіз з урахуванням різних чинників, оцінка з метою вибору найефективнішого та доцільнішого (раціонального) рішення.

Мета дослідження: дослідження структури забезпечення матеріалами та постановки транспортної задачі, розробка математичної моделі логістичного забезпечення фортифікаційних робіт.

Основні матеріали дослідження. Необхідно визначити план перевезень, за яким всі будівельні матеріали, готові фортифікаційні конструкції мають бути вивезені від постачальників, повністю задоволені потреби будівельників і загальна вартість всіх перевезень була б мінімальною. У такій постановці задачі ефективність плану перевезень визначається його вартістю і така задача має назву транспортної задачі за критерієм вартості перевезень [3;4].

При будівництві фортифікаційних споруд можливі різні варіанти схем заготівлі та підвезення матеріалів. Доцільно ці варіанти оцінити та вибрати раціональне рішення. При цьому можливе застосування методів транспортної задачі лінійного програмування [3;4]. Суть задачі полягає у прикріпленні пункту будівництва до такого місця заготівлі матеріалів з визначенням способу перевезень, при яких забезпечується мінімум сумарних транспортних витрат при задоволенні потреб у будівельних матеріалах.

Для кожного способу постачання між "джерелом" матеріалів і пунктом їх споживання в залежності від виду матеріалів, що перевозяться, і відстані перевезень на підставі діючих норм визначається величина витрат ресурсів або часу на одиницю обсягу перевезень, наприклад, у чол.-дн./тонну.

До умов забезпечення перевезень віднесемо:

- підвезення матеріалів на ділянку будівництва за їх видами, яке має забезпечити виконання фортифікаційних робіт у повному обсязі;
- при вивезенні матеріалів з пунктів їх заготівлі та складування загальний обсяг перевезень по кожному виду матеріалів не повинен перевищувати можливості кожного пункту;
- за можливості застосування спеціалізованого автомобільного транспорту в розрахунках приймається найбільш вигідний спосіб перевезення між двома пунктами, що розглядаються.

На підставі розрахункової схеми та умов перевезень може бути побудована математична модель задачі.

Цільова функція задачі

$$C_l = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij}^{(l)} X_{ij}^{(l)} \rightarrow \min$$

де $X_{ij}^{(l)}$ кількість вантажу типу (l) , який доцільно перевозити з пункту (i) ,

$Ci_j^{(l)}$ трудомісткість перевезення одиниці вантажу типу (l) з пункту (i) до пункту (j) , C_l сумарна трудомісткість перевезень вантажу типу (l) .

Обмеження на рішення задачі. По-перше, припустимо, що сумарні запаси постачальників дорівнюють сумарним потребам споживачів. Виконується умова

$$\sum_{i=1}^m Xi_j^{(l)} = W_j^{(l)}$$

де $W_j^{(l)}$ -необхідний обсяг матеріалу на об'єкті будівництва.

По-друге, запаси m постачальників вивозяться повністю

$$\sum_{j=1}^m Xi_j^{(l)} = V_i^{(l)}$$

де $V_i^{(l)}$ можливості із заготівлі матеріалів виду (l) у пункті (i) .

В розглянутій моделі транспортної задачі вважається, що сумарні запаси постачальників дорівнюють сумарним потребам споживачів, тобто виконується умова

$$W_j^{(l)} = V_i^{(l)}$$

Така задача називається з правильним балансом, а її модель –закритою.

Для розрахунків застосовуються стандартні методи та програми.

Висновки. Застосування математичного моделювання при оцінці варіантів способів перевезення відновлених матеріалів може дати відчутний ефект, особливо при великій кількості об'єктів будівництва та способів заготівлі та перевезення матеріалів.

Список використаних джерел

1. Matthew Luxmoore, Nikita Nikolaienko// Inside Ukraine's Effort to Fortify Hundreds of Miles of Defensive Lines, The Wall Street Journal. - July 30, 2025. URL: <https://www.wsj.com/world/europe/ukraine-defense-construction-russia-war-d72f2d29> (дата звернення: 16.10.2025).
2. Isobel Koshiw //Ukraine's patchy fortifications help Russia advance. Financial Times.. - December 10, 2024. URL: <https://www.ft.com/content/18dd370b-e2cd-48c5-a182-4c21c5ae8870> (дата звернення: 16.10.2025).
3. Дослідження операцій [Текст] : [навчальний посібник] / Меншикова О.В., Чмир О.Ю., Карабин О.О. – Львів : ЛДУ БЖД, 2019. – 196 с
4. Основи дослідження операцій у транспортних системах: приклади та задачі: навчальний посібник для ВНЗ / Д. М. Козаченко, Р. В. Вернигора, В. В. Малашкін. – К: ПрофКнига, 2019. – 277 с.

УДК 625.033

ДО ПИТАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПОПЕРЕЧНОЇ СТІЙКОСТІ БЕЗСТИКОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ КОЛІЇ

Потапов Д.О.¹, к. т. н., доц.; Вітольберг В.Г.², к. т. н., доц.,
Тертичний В.В.³, аспірант, Лукашенко А.С.⁴, аспірант
Український державний університет залізничного транспорту
¹ ppx_xiit@kart.edu.ua, ² vitolberg@kart.edu.ua, ³ vit_tert@ukr.net,
⁴ lukashen.anton@gmail.com

Постановка проблеми. Безстикова конструкція на даний час є одним із основних способів улаштування верхньої будови колії не тільки в нашій країні, але і на переважній більшості залізниць світу. Поряд з безперечними перевагами цієї конструкції на всіх історичних етапах розвитку залізничного транспорту завжди було актуальним питання забезпечення достатнього рівня безпеки руху та зведення до мінімуму кількості відмов в процесі експлуатації. До невід'ємної складової потенційних небезпек відноситься втрата стійкості рейкошпальної решітки (температурний викид) внаслідок відхилень від норм утримання, порушень при проведенні відновлювальних робіт, а також обстрілів. Беручи до уваги багатофакторність та змінність, як по довжині колії, так і у часі, основних показників, буде доцільним використати імовірнісний підхід для забезпечення поперечної стійкості.

Мета дослідження. Доповнити існуючу методику по визначенню поперечної стійкості плітей безстикової колії під дією поздовжніх температурних сил, з урахуванням імовірнісного характеру розподілення по довжині зміни фактичної температури пліті відносно температури її закріплення.

Результати дослідження. Виходячи з особливостей температурної роботи безстикової колії процес деформування плітей у поперечному напрямку при їх нагріванні можна охарактеризувати наступними двома умовними станами [1, 2, 3]:

- перший стан – поперечні переміщення рейкошпальної решітки (при впливі на неї поздовжніх стискаючих сил), які не призводять до появи залишкових деформацій;
- другий стан – різке зростання як швидкості, так і величини поперечних переміщень рейкошпальної решітки, тобто безпосередньо температурний викид колії.

Поздовжні стискаючі сили, що відповідають вищенаведеним двом станам, пов'язані між собою таким співвідношенням:

$$\frac{N_t^{\text{крит}}}{[N]} = k_{cm}, \quad (1)$$

де $N_t^{\text{крит}}$ – критична температурна поздовжня сила, при якій виникає викид колії; $[N]$ – допустима поздовжня сила, яка відповідає першому стану; k_{cm} – коефіцієнт запасу поперечної стійкості безстикової колії, якій закладено в діючому нормативному документі [4].

В загальному вигляді умову стійкості можна записати як:

$$N_t^{\kappa} - N_t^{\text{факт}} \geq 0, \quad (2)$$

де N_t^{κ} – критична температурна поздовжня сила, як випадкова величина, що допускається у

відповідному розрахунковому перерізі колії; $N_t^{факт}$ – фактична температурна поздовжня сила, як випадкова величина, що виникає в пліті.

Значення імовірності виконання вимоги (2) являє собою імовірність безпечної роботи за умови забезпечення його стійкості, а обернена величина відповідно – імовірність появи температурного викиду колії, яку можна визначити як:

$$R_{відмови} = \int_{-\infty}^{+\infty} \Omega_{N_t^{крит}}(T) P_{N_t^{факт}}(T) dT, \quad (3)$$

де $\Omega_{N_t^{крит}}(T)$ – розподіл щільності імовірності критичної поздовжньої сили, що допускається; $P_{N_t^{факт}}(T)$ – значення імовірності фактичної температурної сили; T – температура пліті.

В свою чергу допустиме підвищення температури рейкової пліті відносно температури її закріплення Δt_{cm} та фактичне підвищення температури рейкової пліті відносно температури її закріплення Δt , можна розглядати теж як випадкові величини, що розподілені по довжині пліті. Тому вираз (3) можна записати у вигляді:

$$R_{відмови} = \int_{-\infty}^{\Delta t} \Omega_{|\Delta t_{cm}|, k_{cm}}(T) P_{\Delta t}(T) dT. \quad (4)$$

З урахуванням того, що втрата стійкості у переважній більшості випадків спостерігається на ділянці колії довжиною 5 – 15м [5, 6, 7], то в цьому випадку, виходячи з поздовжньої жорсткості рейки та рейкових скріплень можна прийняти значення величини $N_t = const$ і відповідно $P_{\Delta t}(T) = 1$, тому остаточно отримаємо:

$$R_{відмови} = \int_{-\infty}^{\Delta t} \Omega_{|\Delta t_{cm}|, k_{cm}}(T) dT. \quad (5)$$

Зробивши припущення про нормальний закон розподілу значень показників функціональної безпеки безстиквої колії при втраті стійкості (рис. 1), імовірність цієї події можна визначити як:

$$R_{відмови} = \frac{1}{2} - \Phi \left(\frac{k_{cm} [\Delta t_{cm}] - \Delta t}{\langle \Delta t_{cm} \rangle} \right), \quad (6)$$

де $[\Delta t_{cm}]$ – середнє значення допустимого підвищення температури рейкової пліті відносно температури її закріплення відповідно до [4]; $\langle \Delta t_{cm} \rangle$ – середньоквадратичне відхилення допустимого підвищення температури рейкової пліті відносно температури її закріплення; Φ – інтеграл імовірності кривої нормального розподілу $\Phi(\eta) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\eta} e^{-\frac{x^2}{2}} dx$.

На підставі виразу (6) та рис.1 можна заключити, що для визначення імовірності викиду колії необхідно знати функції розподілу щільності імовірності допустимого підвищення температури рейкової пліті відносно температури її закріплення $[\Delta t_{cm}]$, а також значення Δt .

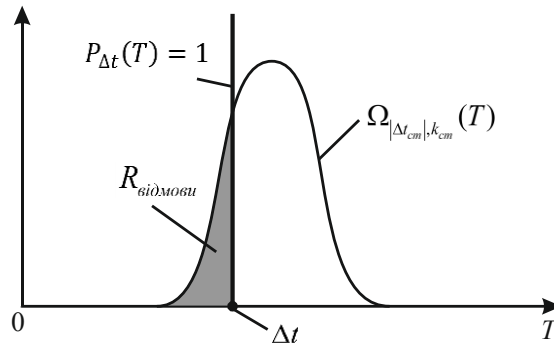


Рисунок 1 – Графіки функцій $\Omega_{|\Delta_{cm}|, k_{cm}}(T)$ та $P_{\Delta t}(T) = 1$

В якості основного метода для визначення цих параметрів в подальших дослідженнях буде використовуватись метод прямих експериментів. Сутність якого полягає в тому, що на експериментальних ділянках колії буде проводитись нагрівання плітей до відповідної температури Δt із одночасним фіксуванням поперечних переміщень шпал. Подальша статистична обробка дозволить визначити всі необхідні параметри залежно від цілого ряду факторів. Наприклад, в якості факторів впливу планується розглянути різні способи ущільнення баластного шару в процесі відновлювальних робіт (машини важкого типу, електрошпалопідбірки), ступінь заповнення баластних ящиків, порушення розмірів плеча баластної призми, в тому числі внаслідок обстрілів.

Висновки. В якості доповнення до існуючої методики, запропоновано аналітичний підхід для оцінки рівня імовірності втрати поперечної стійкості плітей безстикової колії з урахуванням широкого спектру як експлуатаційних та технологічних факторів, так і можливих пошкоджень, внаслідок воєнних дій.

Список використаних джерел

1. Даніленко Е.І., В.В. Рибкін Правила розрахунків залізничної колії на міцність і стійкість: Київ: Транспорт України, 2006. - 167с.
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 1 – 528 с.
3. Esveld, C., 2001. Modern Railway Track, 2nd ed. MRT Productions, The Netherlands.
4. Рибкін В. В., Патласов О. М., Белорусов О. І. Технічні вказівки по улаштуванню, укладанню, ремонту і утриманню безстикової колії на залізницях України: - К.: Транспорт України, 2012. - 144с.
5. Шраменко В.П., Скорик О.О., Штомпель А.М. Математична модель накопичення залишкових деформацій колії у плані при напружуванні тоннажу // 36. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – Вип. 122. – С.261-265.
6. Albinović S., Hebib-Albinović M. Continuously welded rail (CWR) track buckling and safety concepts. *Road and Rail Infrastructure II, 2nd International Conference on Road and Rail Infrastructures*, May 2012. - P. 649–655.

УДК 624

ОПТИМІЗАЦІЯ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ ПРОГОНОВИХ БУДОВ ПОНТОННИХ МОСТІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ПРОПУСКНОЇ СПРОМОЖНОСТІ.

Остапенко І.С.¹, доктор філософії, Гернич М.В.², доктор філософії,

Губар О.В.³, к.т.н., доцент, Перепелиця К.М.⁴, аспірант

Каф. «Військової підготовки спеціалістів Держспецтрансслужби», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, ел. пошта, I.s.ostapenko@ust.edu.ua¹, gernich.nikolau@gmail.com², neris@ua.fm³, kirill_perepelitsa@ukr.net⁴

Постановка проблеми. В сучасних умовах, особливо в контексті військової агресії з боку РФ, стійке та безперервне функціонування національної транспортної системи набуває критичного значення для забезпечення життєдіяльності держави, логістики, оборони та економічної стабільності. Логістична мережа, як ключовий елемент інфраструктури, є об'єктом підвищеного ризику і, відповідно, її вразливість стає вирішальним фактором. Швидке відновлення порушених транспортних зв'язків та забезпечення пропускної здатності на стратегічних напрямках вимагає впровадження ефективних, надійних та універсальних інженерних рішень.

Мета дослідження. Метою даного дослідження є комплексний аналіз ефективності використання існуючого матеріального ресурсу інвентарних конструкцій наплавних мостів та розробка рекомендацій щодо їхньої модернізації. Зокрема, дослідження спрямоване на виявлення та обґрунтування конструктивних та оптимізаційних рішень, застосування яких дозволить істотно підвищити експлуатаційні характеристики мостів, а саме їхню пропускну спроможність та вантажопідйомність.

Результати дослідження. Технічне прикриття об'єктів національної транспортної системи за допомогою наплавних (понтонних) систем мостів сьогодні відіграє ключову роль в її безперервному функціонуванні. Підтримка логістичних шляхів критично важлива як в районах наближених до місць проведення бойових дій, так і в районах з меншою інтенсивністю, для забезпечення безперервності постачання та ефективного функціонування усіх сил і засобів. Сучасні вимоги до наплавних (понтонних) систем мостів полягають у забезпеченні високої надійності, швидконаводимості (мінімального часу розгортання), здатності витримувати сучасні класи навантажень, в тому числі за стандартами НАТО, модульності конструкції та універсальності застосування для формування паромних та мостових переправ. Для виконання цих завдань використовуються штатні-вітчизняні зразки засобів наведення наплавних мостів, такі як НЖМ-56, ПМП в переважній більшості, вони були спроектовані та виготовлені в другій половині минулого століття мають значну експлуатаційну втому та не повній мірі забезпечують вимоги сьогодення.

Конструкція НЗМ-56 (Наплавний Залізничний Міст-56) є наявним інвентарним засобом, що дозволяє організувати тимчасову переправу через водні перешкоди для залізничного транспорту, а також колісної та гусеничної техніки. Однак, попри необхідність монтування окремих прогонових будов (залізничної та автодорожньої), монтаж моста вимагає значних трудових ресурсів і часу, що знижує оперативність його розгортання, а також значну

металоємність. Особливостями конструкції наплавного залізничного мосту НЖМ-56 є те, що силовий каркас для пропуску великовагового транспорту передбачений виключно для залізничного руху через конструкцію силового каркасу, а автомобільний проїзд складається з великої кількості елементів та болтових з'єднань і не передбачає пропуск великовагового транспорту ані колісного, ані гусеничного, крім того силовий каркас має від'ємну плавучість.

Суть запропонованої конструкції полягає у створенні універсальної наплавної переправи, здатної пропускати залізничний транспорт та великовагову колісну чи гусеничну техніку. На плавучі опори встановлюється прогонова будова коробчастого перерізу. Ключовою особливістю є інтеграція залізничних рейок у цю будову (Рис.1):

1. Рейки розміщуються у спеціальних жолобах прогонової будови.
2. Головки рейок розташовані врівень з основною проїзною частиною.

Це технічне рішення забезпечує подвійну функціональність: організація залізничного руху (по рейках), організація двосмугового автомобільного або великовагового проїзду (по поверхні, де рейки не створюють перешкод) прогонова будова коробчастого перерізу, 2 - жолоб в яких розміщуються залізничні рейки 3- рейки, що розміщені в рівень з проїзною частиною прогонової будови.

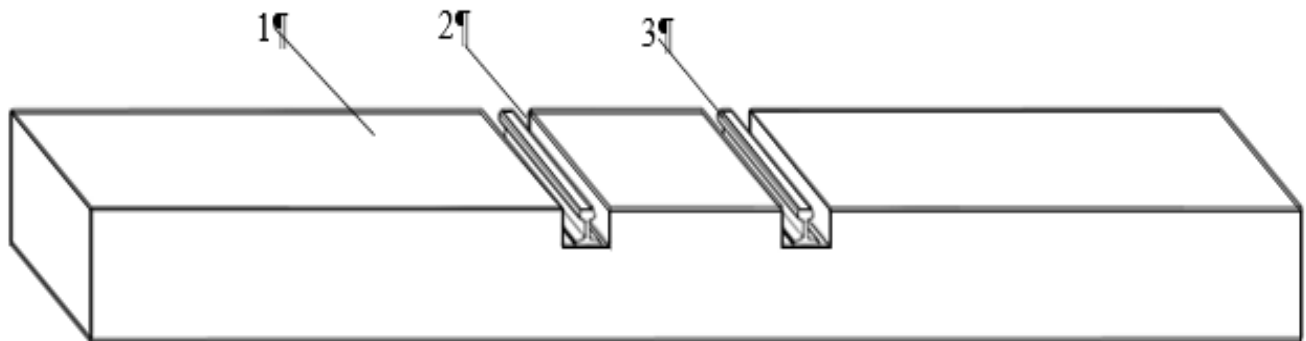


Рис.1

Основною перевагою є можливість швидкого наведення мостових переправ через широкі та глибокі водні перешкоди. Це дозволяє ефективно використовувати її як під час реконструкції капітальних мостів так і для швидкісного наведення мостових переправ через широкі та глибокі водні перешкоди при ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру.

Список використаних джерел

1. Книга «Наплавний залізничний міст НЖМ-56» технічний опис та інструкція по монтажу, перевезенню, зберіганню та експлуатації.
2. HERNICH M. V. USE OF PROPERTY OF FLOATING BRIDGE NZHM-56 CONSIDERING TODAY'S MILITARY CHALLENGES [Electronic resource] / M. V. HERNICH, S. V. KLIUCHNYK // Bridges and tunnels: Theory, Research, Practice. – 2022. – No. 22. – P. 27–32. –

Mode of access: <https://doi.org/10.15802/bttrp2022/268185> (date of access: 07.11.2024). – Title from screen.

3. ДБН В.1.2-15:2009 "Мости та труби. Навантаження і впливи". – [Чинний від 2018-12-05]. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009 – 71 с.

4. АЕР-3.12.1.5/STANAG 2021:2017 (ed. 8) - Military Load Classification of Bridges, Ferries, Rafts and Vehicles.

UDC 72.012:658.626:659.127.8

ВІДНОВЛЕННЯ ТА РОЗВИТОК ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ

Колеснікова Т., доцент, кандидат технічних наук,

Український державний університет науки і технологій,

ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

kolesnikova.tetiana@pdaba.edu.ua

Пономаренко О., здобувач вищої освіти,

Український державний університет науки і технологій,

ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Gatemen.ponomarenko95@gmail.com

Актуальність. Повномасштабне вторгнення в Україну суттєво змінило всю економічну структуру країни. Однією з найбільш постраждалих галузей стала логістика. Закриття морських портів, обмеження пропускної здатності залізниці та загальне уповільнення промисловості призвели до серйозних збоїв у товарообігу. Водночас саме логістика стала тією галуззю, яка не лише змогла адаптуватися, а й перетворилася на критично важливий елемент економічної стійкості. Її відновлення та подальший розвиток є запорукою національної безпеки України [1, 2].

Проблеми логістики в умовах війни.

Закриття морських портів та зниження морського експорту. До війни значна частина експорту України проходила морськими шляхами. Після блокади портів багато компаній були змушені шукати альтернативні коридори через сушу, що створило перевантаження інших транспортних мереж. Навіть після запуску «зернових коридорів» морські поставки лишаються нестабільними [3, 4].

Обмежена пропускна здатність залізничної мережі та проблема колії. Залізнична система України побудована історично під ширококоліюку (1520 мм), тоді як в Європі використовується стандартна колія (1435 мм). Це створює технічні перепони на кордонах і потребу в перевантаженні вантажів [5, 6]. Єврокомісія та Європейський інвестиційний банк у спільному дослідженні запропонували поступове впровадження європейської колії на ключових напрямках, зокрема від Кракова до Львова, щоб підвищити сумісність з ЄС [7].

Перевантаження автотранспортної логістики. Автомобільні перевезення стали головним інструментом адаптації логістики під нові обставини через їх гнучкість. Але це викликало дефіцит автотранспорту, водіїв, навантаження на дороги та черги на кордонах. Часто КПП можуть обслуговувати лише обмежену кількість великовантажного транспорту, що створює «вузькі місця» [8].

Складська інфраструктура: міграція та дефіцит площ. До війни приблизно 70-80 % складських площ були в Київській області. Після початку бойових дій бізнес був змушений терміново перемістити товари на захід України, де інфраструктура була слабшою. Компанії змушені працювати на менших площах, іноді без повноцінного технологічного оснащення, що призводить до росту витрат і зниження ефективності [9].

Нестабільність та руйнування інфраструктури. Постійні ракетні удари, атаки дронами, руйнування мостів і транспортних вузлів створюють нестабільне середовище для логістики. Наприклад, у 2025 році було зафіксовано серію атак на залізничні вузли, що підсилює нестабільність системи [10].

Обмежене фінансування та інвестиційні ризики. Через високий ризик та невизначеність інвестори обережно підходять до великих проєктів інфраструктури. Державні ресурси також обмежені, ускладнюючи масштабні відновлювальні роботи [1].

Регуляторні бар'єри та координація. Недостатня гармонізація законодавства, митних процедур, відсутність уніфікованих стандартів ускладнюють ефективне функціонування транскордонної логістики [2, 8].

Для відбудови необхідна тісна співпраця між державними органами, бізнесом і міжнародними партнерами.

Рішення та шляхи розвитку.

Розвиток альтернативних маршрутів. Важливо розширювати пропускну здатність, оптимізувати митні процедури, інвестувати в інфраструктуру кордонів, сприяти цифровій інтеграції кордонних пунктів [3].

Модернізація залізничної інфраструктури та інтеграція з ЄС. Створення сумісних вузлів з європейською колією, починаючи з ключових ділянок (Краків ↔ Львів) [7]. Розширення ремонтних хабів, модернізація залізничних вузлів, збільшення пропускну здатності. Використання двоколіїної системи (сумісність із ширококоліїною та стандартною) [6,7].

Розвиток автотранспорту та кордонної інфраструктури. Розбудова нових КПП, модернізація існуючих переходів, відкриття «зелених коридорів» для критичних вантажів. Спрощення митних процедур, впровадження електронного бронювання часу перетину кордону, цифрові системи черги. Підтримка автоперевізників: пільговий лізинг, податкові стимули для оновлення автопарку [8].

Децентралізація складів та гнучкі моделі зберігання. Розподіл складських потужностей по території України з урахуванням безпеки. Створення державних складів резерву з високим рівнем обслуговування. Використання модульних або швидко орендованих складів і мобільних хабів [9].

Цифрова трансформація логістики. Єдина платформа управління ланцюгами поставок, трекінг, аналітика ризиків. Автоматизація, «контрольна вежа» (control tower) поставок. Системи моніторингу інфраструктури (мости, дороги) з використанням ШІ-рішень.

Міжнародна кооперація та державно-приватне партнерство. Залучення інвестицій від ЄС, МБРР, ЄІБ, інших міжнародних інституцій. Спільні проєкти з сусідніми країнами: спільні кордонні хаби, інфраструктурні коридори, інтеграція з TEN-T мережею. Використання грантів та пільгових кредитів із забезпеченням гарантій безпеки.

Стратегічне планування, резервування й адаптація. Розробка сценаріїв відмови інфраструктури, запасних маршрутів, буферів. Аудити інфраструктури, пріоритизація відновлення об'єктів з високим економічним ROI. Нормативна база для швидкого реагування, адаптивна логістика в кризових умовах [1, 10].

Висновки. Війна поставила перед українською логістикою безпрецедентні виклики. Вона прискорила зміни, які в мирний час могли б відбуватись роками: від центру складської концентрації до децентралізованої мережі, від домінування морської торгівлі до змішаних коридорів, де суша, залізниця та водні шляхи працюють у синергії.

Сьогодні Україна має унікальний шанс відбудувати логістику «з нуля», орієнтуючись на стандарти ЄС, стійкість до зовнішніх шоків і інтеграцію в європейську систему. Ключовими факторами успіху стануть модернізація інфраструктури, цифрові рішення, стимулювання автотранспорту, розвиток міжнародних коридорів і стратегічне планування. Логістична система, здатна витримувати удари, ефективно працювати в кризах і гнучко адаптуватися до змін — це не просто інструмент економічного відновлення, а один із стовпів безпеки й незалежності України на майбутнє.

References

1. Dyczkowska J.A., Grycuk-Kozłowska A., Suchocka N. Problems of marketing logistics and infrastructure in Ukraine under martial law: ways to solve them in the context of European integration. ISJ. 2023. URL: <https://is-journal.com/is/article/view/217> (date of access: 24.08.2025).
2. Krykavskyy Y., Kovtun Y., Shevchuk V. Defining supply chain resilience during wartime. Electrical Engineering & Electromechanics. 2023. URL: <https://journals.uran.ua/eejet/article/view/272877> (date of access: 24.08.2025).
3. Zakharchuk O., et al. Development of grain logistics in Ukraine. ЕАПІК. 2025. URL: <https://eapk.com.ua/en/journals/tom-32-3-2025/rozvitok-zernovoyi-logistiki-v-ukrayini> (date of access: 24.08.2025).
4. Mykhailyk N.I. The main challenges and prospects of transport logistics development in the conditions of war. Personnel Management. 2024. URL: <https://personnel.pnu.edu.ua/index.php/aprde/article/view/8106> (date of access: 24.08.2025).
5. Lebedeva L., Shkuropadska D. Resilience of transport logistics in EU and Ukraine. Foreign Trade. 2024. URL: <https://journals.knute.edu.ua/foreign-trade/article/view/2142> (date of access: 24.08.2025).
6. European Commission and European Investment Bank joint report on rail gauge adaptation. 2024.
7. European Commission. TEN-T Network Development Plan. URL: https://ec.europa.eu/transport/themes/infrastructure/ten-t_en (date of access: 24.08.2025).
8. Torgay B., Mutlu Tunca G. Visual expressions of corporate identity in the office spaces. Online Journal of Art & Design. 2023. URL: <https://www.academia.edu/download/104486894/11216.pdf> (date of access: 24.08.2025).
9. Salama A.M., Patil M.P. Unpacking Transdisciplinary Research Scenarios in Architecture and Urbanism. Encyclopedia. 2024. URL: <https://doi.org/10.3390/encyclopedia4010025> (date of access: 27.08.2025).
10. Zha D., et al. Experiencing the sense of the brand: the mining, processing and application of brand data through sensory brand experiences. Qualitative Market Research: International Journal. 2022. URL: <https://doi.org/10.1108/qmr-09-2021-0118> (date of access: 27.08.2025).

УДК 624.191

ТРАНСФОРМАЦІЯ ЦИВІЛЬНОЇ СТРАТЕГІЇ ОСВОЄННЯ ПІДЗЕМНОГО ПРОСТОРУ ЯК ОСНОВА СТВОРЕННЯ НОВОЇ КОНЦЕПЦІЇ ЗАХИСТУ

Тютюкін О.Л., докт. техн. наук, професор

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАУКИ ТА ТЕХНОЛОГІЙ, o.l.tiutkin@ust.edu.ua

Постановка проблеми. До початку повномасштабного вторгнення російської федерації в Україну цивільна стратегія освоєння підземного простору знаходилася в неструктурованому вигляді. Це мало об'єктивною причиною те, що, маючи низку напрямів освоєння, не було єдиного вектору, який був дороговказом для такої стратегії [1]. Так, створення підземної транспортної інфраструктури, тобто тунелів, метрополітенів, підземних переходів тощо є важливим напрямом цивільного освоєння підземного простору міст України [2]. Разом з тим, цей напрям майже не пов'язаний із суспільно-культурним, який характеризує освоєння підземного простору з огляду на створення підземних об'єктів для споживання (магазини, комбіновані центри шопінгу та дозволя, концертні зали, спортмайданчики тощо). Третій напрям освоєння підземного простору, що є чисто утилітарним та прикладним і відповідає за економію наземної території (розміщення під землею складів, гаражів, промислових підприємств, об'єктів критичної інфраструктури тощо), мав свою направленість, яка лише в деяких областях була дотичною до перших двох напрямів [3].

Найяскравішим прикладом такої неузгодженості напрямів цивільного освоєння підземного простору може слугувати вокзал «Дніпро-Головний» м. Дніпра разом із об'єктами культурно-побутового призначення, розташованими на Вокзальній площі, а також разом із автовокзалом і підземними спорудами Дніпровського метрополітену (підземні вестибюлі й переходи, що відносяться до станції «Вокзальна»). Неузгодженість характеризується тим, що власне інфраструктура метрополітену ніяк не пов'язана ні з залізничним вокзалом, хоча в ньому є підземна частина із переходами, ні з автовокзалом, ні з супермаркетами та іншими закладами, що мають нульовий поверх. Така неузгодженість об'єктів, при тому, що об'єм підземного простору Дніпровського метрополітену освоєний незадовільно, свідчить про те, що відсутня загальна стратегія, котра б пов'язувала різні системи в єдиний вузол, що характеризується багатозадачністю та структурованістю.

Не викликає сумнівів, що аналізуючи проблему цивільного освоєння підземного простору міст України з позиції її структурування та поєднання в єдиний концептуальний простір, автори

подекуди залишаються в «цивільних» координатах [1–3]. Цей методологічний хід був доволі коректним до початку російсько-української війни, але наразі, під час війни, що продовжується і породжує загрози, які будуть наявні і після Перемоги, слід скоригувати простір проблеми і накреслити новий вектор її вирішення, що враховує об'єктивну ситуацію. Звичайно, не слід впадати в крайнощі та переставляти цивільну стратегію освоєння підземного простору на військові рейки, однак слід її доповнити новими положеннями концепції захисту.

Мета дослідження. Таким чином, аналіз цивільної стратегії освоєння підземного простору надає можливість сформулювати мету дослідження, а саме накреслити вектор її трансформації із

врахуванням викликів воєнного стану. Є впевненість, що освоєння підземного простору міст України, отримавши четвертий напрям, а саме захист населення та об'єктів інфраструктури, може отримати нове структурування. Тобто уведення рішень, пов'язаних з викликами воєнного стану, дозволить поєднати разом три напрями проаналізованої вище стратегії.

Результати дослідження. Основним параметром, що трансформує «цивільну» стратегію освоєння підземного простору міст України і може стати каталізатором інтенсифікації цього надважливого сьогодні процесу, є обов'язковий розгляд підземних об'єктів в якості укриттів. Слід уточнити цю тезу: вже існуючі підземні об'єкти будь-якого українського міста повинні вивільнити власне подвійне призначення, а об'єкти, що проєктуються та споруджуються під землею, повинні однозначно мати таке подвійне призначення.

Ця теза може здатися тривіальною, оскільки навіть поверхневий аналіз ситуації свідчить про те, що виклики воєнного часу не зникнуть після перемоги, а будуть існувати й в мирний час. Однак, розуміння напрямку розвитку стратегії освоєння підземного простору на даний час не відрізняється високою інтенсивністю, що характеризує підхід до цієї проблеми як незважений й незрілий. З одного боку, проблема освоєння підземного простору із врахуванням викликів воєнного часу почала поступово отримувати нормативно-юридичне підґрунтя [4–5], але з іншого боку цей процес не характеризується як інтенсивний та планомірний. Відсутності підвищеної швидкості вирішення нагальної проблеми є об'єктивне пояснення, яке навіть не пов'язане зі складною ситуацією війни з РФ: ним є стала структура міст України, котра не надає можливості нового будівництва. На жаль, довгий час в Україні панувала саме «цивільна» стратегія освоєння підземного простору; лапки, якими відмічена характеристика стратегії означають, безсумнівно, лише частково цивільну складову, оскільки будь-який підземний об'єкт планується розглядати як об'єкт подвійного призначення. Однак, саме військова характеристика таких об'єктів була нечітко вираженою, тому, наприклад, станції метрополітенів Києва, Харкова й Дніпра, які під час ракетно-дронових ударів слугували укриттями, потребували значного перевлаштування з основної функції транспортної системи на функцію подвійного призначення, тобто укриття.

Вже проаналізований вище випадок неузгодженості напрямів освоєння підземного простору в м. Дніпрі до сих пір не отримав свого розв'язання попри те, що до повномасштабної війни вже пропонувалися проєкти реконструкції Вокзальної площі із створенням системи підземних переходів від залізничного вокзалу до підземного вестибюлю станції «Вокзальна» й нульового поверху деяких супермаркетів. Такий проєкт надав би можливість створення укриття для декількох тисяч мешканців міста, причому він характеризувався б високою швидкістю заповнення та зручністю потрапляння з різних точок площі. Оскільки цей район є ціллю російських терористів і вже неодноразово потерпав від ударів, що завдали руйнування і житлової забудови, і автовокзалу, створення такого укриття є гостроактуальним. При цьому втручання в функціонування цього транспортного вузлу є мінімальним, оскільки потребує лише будівництва додаткових підземних переходів.

Зразком для нової стратегії освоєння підземного простору із врахуванням концепції захисту може слугувати система цивільного захисту Фінляндії, яка планомірно створювала систему з 50 500 бомбосховищ, які можуть вмістити близько 4,8 млн осіб [6]. Як і в Ізраїлі, у Фінляндії закон вимагає обов'язкового влаштування укриття для нового будівництва; в нашій країні, що вже три з

половиною років потерпає від ракетно-бомбових ударів, поява такого закону лише обговорюється. Слід відмітити, що наявний нормативний документ України надає положення поки що тільки для укриттів, розрахованих на непрямий удар [5], тобто на дію повітряно-ударної хвилі та уламків, а стандарту для укриттів, що можуть витримати вибух в епіцентрі підземної споруди, поки що немає. Окрім цього, поки що в початковому стані знаходяться розробки, що торкаються об'єктів критичної інфраструктури.

Однак існує український досвід, який дещо подібний фінському, проте реалізований поки що в значно меншому масштабі. Якщо у Фінляндії підземний простір, в якому розташовані не тільки супермаркети й кінотеатри, а й спортивні поля, басейни та навіть музеї і церкви, то в Україні цей простір успішно освоюють підземні школи. Український досвід має особливість, яка може стати основою концепції укриття під час освоєння підземного простору, а саме те, що першим призначенням таких шкіл є саме забезпечення навчального процесу, при цьому вони споруджуються як протирадіаційні укриття. Така інверсія ідеї укриття в українських реаліях є, на мій погляд, більш втілюваною та плідною, ніж фінська ідея тотального переносу життя на підземний рівень.

Наявність підземних шкіл, лідером з будівництва яких є м. Запоріжжя (12 підземних об'єктів на початок жовтня 2025 року; м. Дніпро наразі закінчує спорудження першої такої школи), є запорукою створення потужних укриттів, що можуть вміщувати до 500 осіб. Підземні школи розширюють розуміння концепції подвійного призначення, оскільки, споруджуючись як укриття, в першу чергу виконують суміщену функцію. Ця суміщеність функцій має великий потенціал не тільки для концепції укриття, а й для цивільної стратегії освоєння підземного простору українських міст взагалі.

Висновки. Враховуючи виклики воєнного часу, цивільна стратегія освоєння підземного простору міст України поступово та невпинно трансформується, причому ці зміни є позитивними і характеризують створення єдиної структурованої системи. Враховуючи досвід інших країн, які знаходяться в перманентному стані війни (Держава Ізраїль) або враховують досвід минулого акту агресії (Фінляндська республіка), ця стратегія в Україні повинна мати планомірне втілення, що характеризується високою інтенсивністю. Створення нової концепції захисту на базі вказаної стратегії можливе також за умови впровадження рішень, які в юридичному полі нормують об'єкти захисту як об'єкти подвійного призначення, причому першою функцією є цивільна, яка за потреби оперативно змінюється на функцію укриття.

Список використаних джерел

1. Панкратова Н. Д., Гайко Г. І., Савченко І. О. Розвиток підземної урбаністики як системи альтернативних проєктних конфігурацій. Київ: Наукова думка. 2020. 142 с.
2. Pshynko, O., Radkevych, A., Netesa, M., Netesa A. Problems of development of an underground transport infrastructure of cities. *Transport Problems*. 2020. № 15(1). 81–91. DOI: <https://doi.org/10.21307/tp-2020-008>
3. Риндюк С. В., Максименко М. А. Освоєння підземного простору як вирішення проблем урбанізації міст. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*. 2020. № 2. 101–107.
4. Про схвалення Стратегії розвитку фонду захисних споруд цивільного захисту на період до 2034 року та затвердження операційного плану заходів з її реалізації. Кабінет Міністрів

України. Розпорядження від 4 березня 2025 р. № 183-р. [Електронний ресурс]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/183-2025-%D1%80#Text>

5. ДБН В.2.2-5:2023 Захисні споруди цивільного захисту зі Зміною № 1. Київ: Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України, 2023. 124 с.

6. Усіх під землю. Як Фінляндія побудувала систему сховків і чи потрібно це Україні [Електронний ресурс]. URL: <https://biz.liga.net/ua/all/all/article/usikh-pid-zemliu-yak-finliandia-pobuduvala-systemu-skhovkiv-i-chy-potribno-tse-ukraini>

УДК 338.45:330.341.1:005.52(477)

ІННОВАЦІЙНІ СТРАТЕГІЇ РОЗВИТКУ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ У КОНТЕКСТІ ПІСЛЯВОЄННОЇ ВІДБУДОВИ ТА ЛОГІСТИЧНОЇ СТІЙКОСТІ УКРАЇНИ

Чернова Н.С.¹, к.е.н., доц.; Дармороз П.С.², аспірант
ННІ «Дніпровський інститут інфраструктури і транспорту»
Українського державного університету науки і технологій
¹ n.s.chernova@ust.edu.ua, ² petr_darmoroz@ukr.net

Постановка проблеми. В умовах затяжної війни та економічної нестабільності промислові підприємства України опинилися перед необхідністю швидкої адаптації до кризових викликів — руйнування інфраструктури, дефіцит енергоресурсів, розриви логістичних ланцюгів, зниження інвестиційної активності. Традиційні моделі управління не забезпечують достатнього рівня гнучкості та конкурентоспроможності. Саме тому розроблення інноваційних стратегій розвитку, спрямованих на відновлення виробничого потенціалу, цифровізацію процесів і створення сталих логістичних систем, стає ключовим чинником економічного відродження країни.

Мета дослідження. Метою є обґрунтування інноваційних стратегій розвитку промислових підприємств у післявоєнний період, орієнтованих на відновлення виробництва, підвищення енергоефективності, скорочення логістичних витрат і формування стійких зв'язків між промисловістю, транспортною інфраструктурою та регіональними економічними системами.

Результати дослідження. Результати дослідження свідчать, що інноваційні стратегії розвитку є ключовим чинником конкурентоспроможності промислових підприємств України в умовах економічної кризи та післявоєнної відбудови. Згідно зі звітом Міністерства економіки України [1], у 2023 році обсяг промислового виробництва зріс на 4,7 % після падіння на 30,4 % у 2022 році, що відображає позитивну тенденцію до структурної модернізації галузі. Цей процес відбувається завдяки розвитку цифрових технологій, енергоефективних рішень та залученню міжнародної грантової підтримки [2].

Аналіз статистичних даних показав, що у 2021–2024 роках спостерігається поступове зростання частки підприємств, що впроваджують інноваційні технології. Якщо у 2021 році цей показник становив 14,2 %, то у 2024 році він зріс до 22,8 % [3]. Обсяг інвестицій у технологічне оновлення також збільшився з 4,1 % до 6,5 % у структурі виробничих витрат.

Таблиця 1

Динаміка інноваційної активності промислових підприємств України (2021–2024 рр.)

Показник	2021	2022	2023	2024 (оцінка)
Частка інноваційно активних підприємств, %	14,2	11,5	18,7	22,8
Обсяг інвестицій у технологічне оновлення, % від загальних витрат	4,1	3,2	5,3	6,5
Кількість реалізованих інноваційних проєктів	210	165	320	480

(сформовано на основі джерел [1]; [2]; [3]; [8])

Дані свідчать про підвищення інноваційної спроможності підприємств попри кризові умови. Активну роль у цьому процесі відіграють державні програми модернізації та міжнародні грантові ініціативи [4].

Підприємства, які інтегрували цифрові рішення — ERP-системи, IoT-моніторинг, аналітику великих даних, — відзначають зростання продуктивності праці на 18–22 % та скорочення витрат на матеріально-технічне забезпечення на 15–20 % [5]. Застосування енергоощадних технологій, таких як рекуперація тепла та використання сонячних електростанцій, дозволило зменшити енергоспоживання на 30–40 % і скоротити викиди CO₂ у середньому на 11 % [6].

Таблиця 2

Основні напрями інноваційного розвитку промислових підприємств України

Напрямок інноваційної стратегії	Приклади реалізації	Очікувані результати
Цифровізація виробництва	Впровадження ERP-систем, Big Data, автоматизація процесів	Підвищення продуктивності на 20 %, зменшення витрат на 15 %
Енергоефективність	Використання сонячних панелей, систем рекуперації, LED-технологій	Скорочення енергоспоживання на 30–40 %
Кадровий розвиток	Програми підготовки фахівців у сфері Industry 4.0	Формування компетентностей цифрової економіки
Кооперація з науковими центрами	Створення спільних лабораторій та інноваційних хабів	Трансфер технологій, підвищення інвестиційної привабливості
Логістичні інновації	Розвиток систем “smart logistics”, моніторинг маршрутів	Скорочення часу доставки на 25–30 %, зменшення транспортних витрат

(сформовано на основі джерел [1]; [2]; [4]; [5]; [6])

Розвиток промислово-логістичних кластерів забезпечує синергію між промисловими підприємствами, наукою та муніципалітетами. Станом на 2024 рік в Україні функціонує понад 20 кластерів, серед яких найбільш активні — Дніпровський машинобудівний, Львівський енергетичний та Полтавський логістичний [7]. Їх діяльність сприяє створенню понад 6 000 робочих місць і збільшенню обсягів експорту на 12–15 %.

Таблиця 3

Вплив кластеризації на розвиток промисловості України (2024 р.)

Регіон	Кількість кластерів	Нові робочі місця	Зростання експорту, %	Основна спеціалізація
Дніпропетровська обл.	5	2 300	13,5	Машинобудування, металургія
Львівська обл.	4	1 800	11,2	Енергетика, транспорт, ІТ
Полтавська обл.	3	1 100	14,8	Агроіндустрія, логістика
Київська обл.	6	900	10,3	Електроніка, приладобудування
Харківська обл.	2	700	9,7	Хімічна промисловість

(сформовано на основі джерел [1]; [3]; [7]; [8])

У цілому інноваційно активні підприємства демонструють зростання рентабельності на 22–25 %, скорочення енергоспоживання до 35 %, збільшення експорту на 10–15 % і підвищення продуктивності на 20 % порівняно з традиційними моделями господарювання [8]. Це свідчить про ефективність інноваційних стратегій як основного інструменту відновлення промислового потенціалу України, формування нових ринків та розвитку стійких логістичних систем.

Висновки. У результаті проведеного дослідження встановлено, що інноваційні стратегії розвитку виступають фундаментом економічного відновлення промисловості України в умовах кризи та післявоєнної реконструкції. Їх упровадження забезпечує підвищення енергоефективності виробництва, скорочення витрат ресурсів, цифровізацію управлінських процесів і формування нових конкурентних переваг на глобальному ринку.

Підприємства, що активно інтегрують технології Industry 4.0, демонструють зростання продуктивності, логістичної стійкості та гнучкості до зовнішніх викликів. Важливим чинником є розбудова регіональних кластерів і партнерств між промисловістю, освітою та наукою, що сприяє створенню інноваційної екосистеми на національному рівні.

Реалізація інноваційних стратегій має не лише економічне, а й соціальне значення — вона сприяє створенню робочих місць, розвитку людського капіталу та посиленню інтеграції України у європейський простір сталого розвитку. З урахуванням цих тенденцій інноваційна модернізація стає ключовим інструментом формування нової моделі української промисловості — гнучкої, технологічної та екологічно відповідальної.

Список використаних джерел

1. Міністерство економіки України. Звіт про стан промисловості України у 2023 році. — Київ: Мінекономіки, 2024. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.me.gov.ua/Documents/List?lang=uk-UA&id=7a6d34b4>
2. Державна служба статистики України. Промисловість України: статистичний збірник. — Київ: Держстат України, 2024. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.ukrstat.gov.ua/>
3. OECD. Innovation Policy for Resilient Industry in Eastern Europe. — Париж: OECD Publishing, 2023. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.oecd.org/innovation/>

4. European Investment Bank. Supporting Industrial Modernisation in Ukraine. — Люксембург: EIB, 2024. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.eib.org/en/projects/regions/eastern-neighbours/ukraine>

5. PwC Ukraine. Industry 4.0 and Digital Transformation Report. — Київ: PwC Ukraine, 2023. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.pwc.com/ua>

6. UNDP Ukraine. Energy Efficiency and Green Transition Initiatives. — Київ: UNDP, 2023. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.undp.org/ukraine>

7. Ukrainian Cluster Alliance. Regional Industrial Cluster Development Report. — Київ: UCA, 2024. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.clusters.org.ua/>

8. Європейський банк реконструкції та розвитку (ЄБРР). Ukraine Industry Recovery Outlook 2024–2028. — Лондон: EBRD, 2024. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.ebrd.com/ukraine.html>

UDC 330.341.1:620.9:69

**SUSTAINABLE RECOVERY OF UKRAINE’S INFRASTRUCTURE WITHIN THE
ERASMUS+ GREENBUILD PROJECT FRAMEWORK: EUROPEAN EXPERIENCE,
REGIONAL BENEFITS, AND INNOVATIVE APPROACHES**

Oktay Sahbaz ¹, Prof. Dr.; Nataliia Chernova ², Ph.D.; Vasyl Mamray ³, Ph.D.

¹*Dumlupinar University in Kutahya*

²*Ukrainian State University of Science and Technologies*

³*Zhytomyr Polytechnic State University*

¹ oktay.sahbaz@dpu.edu.tr, ² n.s.chernova@ust.edu.ua, ³ vmamray@ztu.edu.ua

Problem statement. The post-war reconstruction of Ukraine requires a shift from short-term repair efforts to a systematic and sustainable recovery of infrastructure based on energy efficiency, digital technologies, and the principles of the circular economy. According to the World Bank (2024), more than 213,000 infrastructure facilities in Ukraine have been destroyed or damaged during the war, including transport corridors, energy systems, and residential buildings.

Other countries also face similar challenges: as a result of the 2023 earthquake in Turkey more than 214,000 buildings were destroyed or severely damaged, while the European Union suffers from natural disasters and climate-related risks with annual losses exceeding €12 billion. Under these conditions, infrastructure recovery must be based on new approaches to education, design, and urban planning that integrate environmental sustainability, technological innovation, and social inclusiveness.

The Erasmus+ project ‘GreenBUILD – Green & Energy-Efficient Building Design for UA Renovation’ is specifically aimed at addressing these challenges. The project focuses on developing competencies in green construction, digital transformation, and sustainable infrastructure management.

Aim of the research. The aim of this study is to demonstrate how the implementation of the GreenBUILD project contributes to the post-war recovery of Ukraine and strengthening of partnerships between Ukraine, Turkey, and the EU member states. The project is of strategic importance because it

develops innovative educational programmes for training specialists who could implement the principles of green reconstruction; supports the digitalisation of the construction sector through BIM, IoT, and

VR/AR technologies; ensures the European integration of Ukraine's educational standards and creates conditions for the establishment of green jobs.

GreenBUILD demonstrates that education, science, and innovation can serve as key instruments in ensuring the sustainable recovery of infrastructure, transport systems, and the living environment.

Findings.

The implementation of the Erasmus+ CBHE GreenBUILD project – ‘Green & Energy-Efficient Building Design for UA Renovation’ is of strategic importance for the modernisation of engineering and construction education, the development of national capacity for sustainable infrastructure recovery, and the enhancement of environmental safety within Ukraine's transport and logistics systems. The project brings together 12 partner organisations from five countries (Ukraine, Turkey, Estonia, Italy, and Sweden) and aims to develop a model of interdisciplinary education based on the principles of energy efficiency, digital transformation, inclusiveness, and climate resilience.

Regarding the thematic focus of the conference, it is important to emphasize that GreenBUILD encompasses not only the construction sector, but also the recovery of transport infrastructure, logistics corridors, and urban spaces, where the implementation of green technologies serves as a crucial factor in ensuring safety, mobility, and resilience of territories.

According to the Ministry for Communities, Territories and Infrastructure Development of Ukraine (2024), the direct damage to transport infrastructure exceeds \$38 billion. More than 25,000 km of highways and 340 bridges and overpasses have been destroyed, while transport and logistics costs have increased by 60–70 percent compared to the pre-war level. These figures demonstrate the urgent need to implement new energy-saving solutions and materials capable of reducing costs and increasing the efficiency of reconstruction.

Within the framework of the GreenBUILD project, an innovative educational and research platform is being developed to strengthen competencies in sustainable construction, green logistics, urban resilience, and digital infrastructure planning.

Table 1

Contribution of the Erasmus+ GreenBUILD Project to the development of Ukraine's transport infrastructure

Focus area	Brief description and outcomes	Impact on the recovery of transport infrastructure
1. Educational Modernisation	Development of Master's and PhD programmes in green building covering energy efficiency, BIM, LCA, risk management, and urban mobility.	Training engineers and planners who could design energy-efficient roads, stations, and logistics hubs.
2. Green Building Labs	Opening of 5 laboratories at Ukrainian partner universities focusing on digital modelling, thermal performance analysis, and sustainable management of construction waste.	Establishment of testing facilities for new materials and projects incorporating smart monitoring of transport infrastructure.

3. Advanced training	Implementation of the ‘Green Building Expert’s Advanced Training Program’ for 200 specialists.	Training specialists for municipalities, Ukravtodor, and Ukrzaliznytsia who will implement the principles of circular construction.
4. Digitalisation and international cooperation	Development of the open platform ‘GreenBUILD Digital Academy’ for sharing educational resources and digital simulations.	Integration of European experience into the reconstruction of transport infrastructure in Ukraine and the Black Sea region countries.

(developed by the authors)

As a result of the implementation of these activities, a number of **quantitative and qualitative outcomes** are expected to be achieved, including:

1. **Training of over 500 students and 200 teachers** in the fields of sustainable construction and infrastructure management.
2. **Establishment of five Green Building Labs** in Dnipro, Kyiv, Zhytomyr, Vinnytsia, and Kharkiv.
3. **Development of ten new academic courses**, including *Sustainable Transport Systems* and *Smart Infrastructure Planning*.
4. **Integration of energy-saving principles** in the design of transport facilities, enabling a **25–35% reduction in energy consumption**;
5. **Creation of a university–industry–municipality network** to facilitate the exchange of reconstruction practices between the academic sector and business.

The regional impact of the project is of particular attention, as it covers three interrelated levels:

- **For Ukraine** - GreenBUILD creates an educational foundation for the sustainable reconstruction of damaged infrastructure facilities and the development of logistics hubs in accordance with EU standards. It is expected that within three years, at least **20 pilots of ‘green’ facilities** (transport hubs, modular shelters, and reconstructions of railway depots) will be developed.

- **For Turkey** – the participation in the project contributes to the improvement of the national risk management system for post-earthquake recovery and to the development of new response protocols for urbanised regions with high seismic activity. Turkey’s experience in the reconstruction of critical infrastructure becomes a valuable component of educational exchange

- **For the European Union** - GreenBUILD supports the implementation of the European Green Deal and the EU Climate Adaptation Strategy, expands international cooperation in the field of energy-efficient construction, and strengthens Ukraine’s economic integration into the common eco-innovation market. It is expected that the knowledge sharing enabled by the project will contribute to a 5–7% reduction in CO₂ emissions in Europe’s construction sector in the long-term perspective.

According to the project’s monitoring plan, there is a system of quantitative performance indicators (KPIs) to demonstrate its expected impact.

Table 2

Key performance indicators of the Erasmus+ GreenBUILD project

Indicator	Expected value by 2028	Sustainability impact
Number of developed learning modules	25	Advanced training of academic staff and updating of university curricula
Number of trained experts	700 (teachers + students)	Development of new competences in the field of energy efficiency
Reduction of energy consumption in pilot buildings	30–40 %	Enhancement of the environmental efficiency of infrastructure
Number of publication and dissemination activities	over 40	Dissemination of sustainable construction practices across the regions of Ukraine and the EU
Percentage of women among programme participants	45 %	Gender balance and social inclusion in post-war reconstruction

(developed by the authors)

Thus, the Erasmus+ GreenBUILD project is shaping not only an educational, but also a practical model for transforming Ukraine's infrastructure sector by integrating the principles of green thinking, digital management, and safety into the European context of transport and logistics systems. The project's implementation strengthens the institutional capacity of universities and local governments to co-create solutions for the sustainable restoration of transport, energy, and housing infrastructure, which a cornerstone of Ukraine's contemporary recovery policy.

Conclusions. The Erasmus+ GreenBUILD project is as a unique example of how international academic cooperation can provide practical solutions for the reconstruction of Ukraine's infrastructure.

Its impact extends beyond the educational sphere - it shapes a new philosophy of design, construction, and planning based on energy efficiency, inclusiveness, innovation, and resilience to future challenges.

The benefits for all consortium partners confirm that GreenBUILD holds global significance. It contributes to the creation of a shared European knowledge area where Ukraine assumes the role of an active contributor rather than a passive beneficiary.

УДК 338.24:330.341.1(477)

ГРАНТОВА ПІДТРИМКА ЯК ІНСТРУМЕНТ ВІДНОВЛЕННЯ ТА ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ БІЗНЕСУ Й НАУКОВИХ УСТАНОВ УКРАЇНИ В УМОВАХ ПІСЛЯВОЄННОЇ ВІДБУДОВИ

Чернова Н.С.¹, к.е.н., доц.; **Соколова К.В.**², к.філос.н., доц.

Український державний університет науки і технологій

¹ n.s.chernova@ust.edu.ua, ² k.v.sokolova@ust.edu.ua

Постановка проблеми. В умовах триваючої агресії проти України та масштабних руйнувань промислових, транспортних і наукових об'єктів особливого значення набуває пошук ефективних механізмів відновлення економіки та інноваційного потенціалу держави. Одним із найрезультативніших інструментів у цьому контексті є грантова підтримка бізнесу, університетів

і наукових центрів через міжнародні програми Європейського Союзу, зокрема Horizon Europe, Erasmus+, EIT HEI Initiative, Innovation Fund та інші.

Разом із тим, недостатня поінформованість підприємств та освітніх установ про грантові можливості, відсутність навичок підготовки проєктних заявок і низький рівень міжнародної проєктної культури знижують ефективність залучення зовнішніх ресурсів для розвитку регіонів і модернізації інфраструктури. Саме тому актуальним є дослідження ролі грантових програм у формуванні стійких партнерств між наукою, освітою й бізнесом для післявоєнного відновлення України.

Мета дослідження. Метою дослідження є визначення ролі грантових програм ЄС у підтримці українського бізнесу та наукових установ у контексті відновлення інфраструктури, розвитку людського капіталу, цифрової трансформації та зеленої економіки, а також аналіз кращих практик участі українських університетів і підприємств у міжнародних проєктах.

Результати дослідження. Аналіз сучасних тенденцій свідчить, що грантові програми Європейського Союзу є ключовим фінансовим та інституційним механізмом розвитку українських підприємств, університетів і наукових установ у післявоєнний період. Вони забезпечують не лише пряме фінансування, але й сприяють інтеграції України до європейського науково-освітнього простору, розвитку інноваційної інфраструктури, цифровізації та трансферу технологій.

За даними Європейської комісії, у 2023–2025 рр. Україна залучила понад 120 млн євро грантової підтримки у межах програм Horizon Europe та Erasmus+, що дало змогу реалізувати понад 350 проєктів, спрямованих на інноваційні дослідження, цифровізацію та розвиток людського капіталу. [1; 7; 10] [5]

Станом на липень 2024 р. Україна подала 1 406 заявок ($\approx 0,38$ % від усіх поданих) та підписала 159 грантових угод ($\approx 1,37$ % від загальноєвропейського показника) на суму 46,41 млн євро — що засвідчує зростання участі у програмі Horizon Europe. Інші джерела вказують, що загальний обсяг підтримки українських організацій досяг близько 50 млн євро, охопивши понад 170 проєктів різних тематичних напрямів. [1; 2; 5]

Одним із найдинамічніших секторів участі є кластер 5 «Climate, Energy and Mobility», який об'єднує напрями зеленої та цифрової трансформації. Українські учасники залучили близько 12,7 млн євро фінансування, з яких: [4; 8]

- 5,17 млн євро – на розвиток альтернативної та відновлюваної енергетики;
- 2,54 млн євро – на проєкти «зеленого» транспорту та логістики;
- 1,84 млн євро – на заходи з декарбонізації авіаційної галузі;
- 3,03 млн євро – на координаційно-інституційну підтримку зелених ініціатив.

Для порівняння, у попередній рамковій програмі Horizon 2020 Україна взяла участь у 230 проєктах із 323 учасниками, із загальним фінансуванням понад 45,5 млн євро. Це свідчить про поступове розширення міжнародної інтеграції українських науковців та підприємств до європейських дослідницьких мереж.

Структурний аналіз учасників українського сегменту Horizon Europe показує, що $\approx 33,3$ % складають представники приватного сектору, $\approx 32,2$ % – заклади вищої освіти, $\approx 17,3$ % – науково-дослідні інститути. Такий розподіл демонструє тенденцію до посилення міжсекторальної взаємодії «наука – бізнес – освіта» у спільних консорціумах. [1; 3; 6]

Успішним прикладом університетської участі є діяльність Українського державного університету науки і технологій (УДУНТ), який реалізує низку міжнародних проєктів:

The BRIDGE – розвиток цифрових компетентностей і зелених робочих місць у будівельному секторі;

VETpartEx – формування системи професійної освіти, орієнтованої на потреби ринку праці;

GreenBUILD – впровадження сталих технологій і підвищення енергоефективності;

UKRENERGY – сприяння енергетичній безпеці та переходу до низьковуглецевої економіки.

Грантова підтримка дозволяє не лише модернізувати матеріально-технічну базу університетів і лабораторій, а й створює умови для партнерства з бізнесом у межах проєктів типу Industry – Academia Partnerships, де університети стають центрами інновацій та трансферу технологій.

Позитивним прикладом взаємодії з реальним сектором є участь українських підприємств у програмах EIC Accelerator, EIT Manufacturing та Innovation Fund, що відкривають можливість

фінансування досліджень у сфері відновлюваної енергетики, екологічних матеріалів, цифрового проєктування та логістичних інновацій.

Додатково, за оцінками Європейської комісії, близько 15 % дослідницької та інноваційної інфраструктури України зазнали пошкоджень через воєнні дії, а приблизно 40 % наукових кадрів вимушено змінили місце роботи чи тимчасово призупинили діяльність. У відповідь на це ЄС започаткував EURIZON Fellowship Programme, у межах якого 4,5 млн євро спрямовано на підтримку 324 українських дослідників. [9]

Загалом, отримані результати свідчать, що грантова діяльність сприяє не лише відновленню наукової та виробничої інфраструктури, а й стимулює зелений розвиток, цифрову трансформацію, інтернаціоналізацію науки та зміцнення кадрового потенціалу. Активна участь у грантових програмах дозволяє Україні посилювати свою присутність у європейському дослідницькому просторі, зміцнюючи стійкість національної економіки через партнерство між університетами, бізнесом і державними інституціями.

Висновки. Грантова підтримка ЄС є потужним каталізатором відновлення економічної активності України, інтеграції в європейський науково-освітній простір і формування сучасної моделі співпраці між державою, наукою та бізнесом. Вона забезпечує не лише фінансування, а й передачу управлінських, організаційних та технологічних практик, що зміцнюють стійкість критичної інфраструктури й підвищують конкурентоспроможність підприємств.

Для максимального ефекту необхідним є:

1. створення національної системи координації грантових ініціатив;
2. посилення підготовки кадрів у сфері грант-менеджменту;
3. підтримка університетських офісів міжнародних проєктів;
4. стимулювання участі підприємств малого та середнього бізнесу у європейських програмах.

Таким чином, грантова підтримка виступає не лише фінансовим ресурсом, а й стратегічним механізмом відбудови, трансформації та сталого розвитку України.

Список використаних джерел

1. European Commission. Horizon Europe Dashboard. — 2024. — <https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/portal>
2. European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Erasmus+ Annual Report 2024. — Luxembourg: Publications Office of the EU, 2024. — 68 p.
3. European Commission. Horizon Europe Work Programme 2025–2027. — Brussels, 2025. 142 p.
4. EIT HEI Initiative. Fostering innovation and entrepreneurship in higher education institutions. — EIT, 2024. — <https://eit-hei.eu>
5. European Innovation Council (EIC). EIC Work Programme 2025. — Brussels, 2025. — 102 p.
6. Horizon Europe Cluster 5: Climate, Energy and Mobility. Official factsheet. — Brussels, 2024. — <https://research-and-innovation.ec.europa.eu>

7. OECD. Science, Technology and Innovation Outlook 2023: Adapting to Technological Disruption. — Paris: OECD Publishing, 2023. — 200 p. — DOI: 10.1787/sti_outlook-2023-en

8. Ministry of Education and Science of Ukraine. Participation of Ukraine in EU Framework Programmes for Research and Innovation. — Kyiv, 2024. — <https://mon.gov.ua>

9. EURIZON Fellowship Programme. Support to Ukrainian Researchers. — 2024. — <https://www.eurizon-project.eu>

10. UNDP Ukraine. Green Recovery and Innovation for Sustainable Development. — Kyiv, 2024. — <https://www.undp.org/ukraine>

ПАНЕЛЬНА ДИСКУСІЯ 3 «БЕЗПЕКА ТА СТІЙКІСТЬ ЛОГІСТИЧНИХ І ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ В УМОВАХ ВОЄННИХ ЗАГРОЗ: ЕКОНОМІЧНІ ВИКЛИКИ, МІЖГАЛУЗЕВІ РІШЕННЯ, ЛЮДСЬКИЙ ФАКТОР ТА МІЖНАРОДНА ПІДТРИМКА»

УДК 623.437

ОСНОВНІ НАПРЯМКИ ОНОВЛЕННЯ ЕВАКУАЦІЙНИХ ЗАСОБІВ В ПІДРОЗДІЛАХ ДЕРЖСПЕЦТРАНССЛУЖБИ

Богомаз В.М.¹, к.ф.-м.н., доцент

¹Український державний університет науки і технологій

¹wbogomas@i.ua

Постановка проблеми. Сьогодні підрозділи Держспецтрансслужби широко залучені до виконання завдань за призначенням. Як наслідок, велика кількість техніки підлягає ураженню різними засобами противника та потребує термінового відновлення.

Як відомо, відновлення пошкоджених зразків техніки включає такі організаційно-технічні заходи як технічна розвідка, евакуація зразків техніки, ремонт, приведення у технічно готовий стан, повернення до виконання завдань.

Ремонтні роботи далеко не завжди можна проводити в місці пошкодження внаслідок відсутності захисту та маскування від засобів ураження противника. Отже, пошкоджену техніку бажано евакуювати в більш безпечні місця.

Евакуацією інженерної техніки називають комплекс заходів, пов'язаних із витягуванням застряглих (затонулих) машин, буксируванням чи транспортуванням пошкодженої (технічно несправної) техніки в укриття, до місць ремонту або відвантаження.

Раніше для буксирування та транспортування техніки в малих кількостях застосовувались автомобілі-тягачі без спеціального обладнання.

Мета дослідження. Метою даного дослідження є обґрунтування укомплектування підрозділів Держспецтрансслужби евакуаційними засобами для автомобільної техніки та засобів інженерного озброєння.

Результати дослідження. Для виконання заходів евакуації способом буксирування для автомобільної техніки та засобів інженерного озброєння тягачі КрАЗ-255 обладнані спеціальним буксирувальним обладнанням.

На даний час підрозділи логістики пропонується укомплектувати спеціальними колісними евакуаційними тягачами-транспортерами (далі – КЕТ) на базі сучасних вантажівок закордонного виробництва. Загальний вигляд зображено на рис. 1.



Рис. 1. Орієнтовний вигляд колісного евакуаційного тягача-транспортера

Такий КЕТ призначений для евакуації пошкоджених зразків засобів інженерного озброєння на автомобільному та пневмоколісному шасі способом буксирування.

КЕТ обладнаний краном-гідроманіпулятором вантажопідйомністю 1620 кг, спеціальним пристроєм для буксирування різних видів транспортних засобів шляхом їх часткового навантаження, лебідкою з тяговим зусиллям не менше 16 тон та робочою довжиною тросу до 60 метрів.

Кузов-фургон тягача оснащений дизель-генератором, компресором, зварювальним апаратом постійного струму, обладнання для газозварювання, свердлильним верстатом, електрошліфувальною машинкою, інструментом для прокачки гідросистем, інструментом для ремонту та технічного обслуговування електрообладнання, набором слюсарного інструменту, буксирувальними пристроями.

При виході з ладу засобів інженерного озброєння на гусеничному ходу евакуація відбувається способом транспортування. Для цього пропонується підрозділи логістики оснастити напівпричепами, а також причепами-важковозами, зокрема напівпричепами PA-TRAILER 40-3 з сидільним тягачем, а також розсувними низькорамними трапами. Вони мають достатню

вантажопідйомність для перевезення всіх марок засобів інженерного озброєння. Орієнтовний вигляд зображено на рис. 2.



Рис. 2. Напівпричіп RA-TRAILER 40-3 з сідельним тягачем

Для евакуації пошкодженої гусеничної техніки з місць виконання завдань за призначенням пропонується забезпечення підрозділів евакуаційними машинами, які являють собою тягач та причеп-важковоз з потужною тяговою лебідкою.

Висновки. Враховуючи зміну основних завдань підрозділів Держспецтрансслужби в останні часи та кардинальне оновлення номенклатури основних зразків засобів інженерного озброєння та автомобільної техніки є актуальною проблема евакуації пошкоджених зразків в місця ремонту.

Для якісного виконання буксирування та транспортування пошкодженої техніки для подальшого відновлення запропоновані варіанти укомплектування підрозділів логістики сучасними евакуаційними засобами та причепами-важковозами визначених моделей.

Список використаних джерел

1. Довідник-каталог основних зразків озброєння та військової техніки які застосовувалися протиборчими сторонами під час відсічі широкомасштабного вторгнення рф в Україну (24.02.2022 – 30.06.2023) / Міністерство оборони України, Апарат Головнокомандувача Збройних Сил України, Генеральний штаб Збройних Сил України, Центр досліджень воєнної історії Збройних Сил України. – Київ: Видавництво Ліра-К, 2023. – 243 с.
2. Озброєння та техніка російсько-української війни : довідник / За загальною редакцією доктора військових наук, професора генерал-полковника М. В. Ковалю. – К: НУОУ, 2023. – 172 с.
3. Альбом схем організаційно-штатних структур підрозділів ДССТ (№269 ДСК від 07.11.24).

УДК 623.1/7

ПРО ОСНОВНІ НАПРЯМКИ ОНОВЛЕННЯ ПАРКУ ПАЛЕЗАБИВНИХ ЗАСОБІВ ПІДРОЗДІЛІВ ДЕРЖСПЕЦТРАНССЛУЖБИ

Тимошенко І.В.¹, Богомаз В.М.², к.ф.-м.н., доцент

¹Адміністрація Державної спеціальної служби транспорту

²Український державний університет науки і технологій

²wbogomas@i.ua

Постановка проблеми. Внаслідок повномасштабного вторгнення рф на територію України велика кількість об'єктів транспортної та критичної інфраструктури зруйновано. Для відновлення деяких з них залучаються підрозділи Держспецтрансслужби. В деяких випадках відновлення споруджуються пальові фундаменти.

Існує декілька способів занурення паль: ударний, вібруванням, загвинчуванням, вдавлюванням і т.і. В підрозділах Держспецтрансслужби найбільш використовуваним є ударний, для реалізації якого залучаються палезабивні засоби.

До них відносяться копрові установки: УКА-Г, УСА, ПСК 2х500, ПКК 2х1250, ПК 2х500.

Копрова установка складається з базової машини та змінного копрового обладнання. Навісне копрове обладнання складається з направляючої стріли, телескопічної розпірки, насосної установки, дизель-молоту.

Мета дослідження. Метою даного дослідження є аналіз існуючих палезабивних засобів, як представників мостової техніки, та визначення основних напрямків оновлення зразків палезабивних засобів.

Результати дослідження. Як показав досвід відновлення об'єктів транспортної інфраструктури під час воєнного стану на сьогодні підрозділами Держспецтрансслужби використовуються тільки зразки на автомобільному ході, а саме: УКА-Г, УСА. Аналіз виконання завдань показав, що наявні палезабивні засоби хоча і надійними, але досить застарілими.

Для підвищення ефективності палезабивних робіт визначено два напрямки оновлення відповідних засобів:

- додаткове обладнання для гусеничних екскаваторів (рис. 1);
- палезабивні та бурильні установки закордонного виробництва (рис. 2).



Рис. 1. Додаткове палезабивне обладнання для екскаваторів:

а – з щоглою; б – у підвішеному стані



Рис. 2. Палезабивна та бурильна установка

Як показує практика, в умовах воєнних дій для відновлення бажано використовувати невелику кількість техніки для визначеного переліку робіт внаслідок можливості миттєвого вогневого ураження, що робить пріоритетним напрямком використання змінного обладнання на існуючих засобах інженерного озброєння, наприклад, екскаваторах.

Змінне палейбійне робоче обладнання для екскаваторів використовується в таких видах:

- віброзанурювачі з бічним захопленням оптимальне рішення під час виконання робіт з високою точністю та в умовах обмеженого простору. Дозволяє переміщати/позиціювати палі під певним кутом, виконувати весь комплекс робіт без необхідності використання ручної праці;
- палейбійні молоти застосовуються для забиття несучих паль, а також як допоміжна техніка. Є оптимальним рішенням для завершення занурення паль до потрібної глибини або за необхідності проведення випробувань занурених паль;
- бурові обертачі призначені для влаштування буронабивних паль. Особливо підходять для використання на об'єктах з обмеженим простором. Можуть бути використані як автономно, або спільно з віброзанурювачами з бічним захопленням;
- маніпулятори розроблені для переміщення та встановлення паль електроконструкцій.

Також можуть використовуватись віброзанурювачі кранового типу, які являють собою вібромашини стандартної частоти, високочастотні, безрезонансні. Вони комплектуються відповідними гідравлічними станціями з дизельними двигунами.

Досить перспективними є віброзанурювачі з бічним захопленням, які використовуються для виконання всього комплексу палевих робіт, починаючи з переміщення, позиціонування під необхідним кутом, занурення, і закінчуючи вилученням паль без необхідності використання додаткової ручної праці та допоміжної техніки. Завдяки модульній конструкції один і той же

віброзанурювач з боковим захопленням може бути використаний для роботи з різними видами паль.

На сучасних палезабивних засобах для управління роботою віброзанурювача задіюється система серво-керування базового екскаватора, що працює спільно із системою управління віброзанурювача. Система збору/аналізу інформації надає детальну інформацію про виконання пальових робіт як по окремій палі, так і по паловому полю, що є гарантією якості виконаної роботи зі встановлення паль. Крім того, суттєвим є можливість програмування забивання паль за координатами в GPS-системі.

Слід зазначити, що за допомогою таких установок є можливість забивання паль на воді.

Висновки. Парк наявних палезабивних засобів Держспецтрансслужби потребує оновлення. На відміну від застарілих зразків на сучасних палейбійних установках використовуються гідравлічні молоти. У порівнянні з дизель-молотом у гідромолота є суттєва перевага: до 95% енергії молота передається на занурювальну палю, що дозволяє оптимізувати процес забивання паль та знизити витрати.

В роботі визначено основні напрямки оновлення зразків палезабивних засобів в підрозділах Держспецтрансслужби.

Список використаних джерел

1. Гута, С.С. Техніка Державної спеціальної служби транспорту: навч. посібник/ С. Гута, В. Богомаз, І. Крамар, М. Боренко, А. Борисенко. Укр. держ. ун-т науки і технологій, ННІ «Дніпров. ін-т інфраструктури і трансп.». – Дніпро: УДУНТ, 2023. – 340с.
2. Довідник-каталог основних зразків озброєння та військової техніки які застосовувалися протиборчими сторонами під час відсічі широкомасштабного вторгнення рф в Україну (24.02.2022 – 30.06.2023) / Міністерство оборони України, Апарат Головнокомандувача Збройних Сил України, Генеральний штаб Збройних Сил України, Центр досліджень воєнної історії Збройних Сил України. – Київ: Видавництво Ліра-К, 2023. – 243 с.
3. Озброєння та техніка російсько-української війни : довідник / За загальною редакцією доктора військових наук, професора генерал-полковника М. В. Ковалю. – К: НУОУ, 2023. – 172 с.
4. Альбом схем організаційно-штатних структур підрозділів ДССТ (№269 ДСК від 07.11.24).

УДК 623.437

ДЕЯКІ ПИТАННЯ ОНОВЛЕННЯ ПЕРЕСУВНИХ РЕМОНТНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

Богомаз В.М.¹, к.ф.-м.н., доцент; Приймак М.В.¹

¹Український державний університет науки і технологій

¹wbogomas@i.ua

Постановка проблеми. При виконанні основних завдань за призначенням підрозділами Держспецтрансслужби є суттєвим логістичне забезпечення безперервних дій. Для цього необхідно своєчасно та в достатній кількості забезпечувати підвоз паливно-мастильних матеріалів, будівельні матеріали, реманент, запасні частини і т.д. Для забезпечення виконання завдань з

підвозу залучається велика кількість автомобільної техніки, як для підвозу зі складів на об'єкти виконання завдань, так і в межах роботи на самих об'єктах. Внаслідок великого навантаження на автомобільну техніку, кількість технічних обслуговувань та ремонтів суттєво збільшилась. Крім того, наявні зразки автомобільної техніки систематично виходять з ладу внаслідок бойового ураження, зокрема FPV-дронами. Ці обставини призводять до необхідності проведення технічного обслуговування та ремонту в польових умовах. Для забезпечення їх виконання використовуються пересувні ремонтні засоби для автомобільної техніки, наприклад – МТО-АТ, ПАРМ-1М. Але за останні роки модельний ряд автомобільної техніки підрозділів суттєво змінився, зокрема з'явилась велика кількість зразків відповідної техніки закордонного виробництва.

Отже, для ефективної експлуатації автомобільної техніки в польових умовах є актуальним питання оновлення засобів технічного обслуговування та поточного ремонту.

Мета дослідження. Метою даного дослідження є аналіз обладнання існуючих ремонтних засобів автомобільної техніки та обґрунтування переліку необхідного обладнання сучасної майстерень автомобільної техніки, враховуючи їх наявність в підрозділах Держспецтрансслужби.

Результати дослідження. Для ремонтних робіт автомобільної техніки в польових умовах пропонується залучити для ремонтних підрозділів мобільну майстерню Locker, яка являє собою спеціалізований транспорт, який призначено для проведення ремонтних робіт в місцях, де техніка працює на відстані від стаціонарних ремонтних пунктів. Її загальний вигляд зображено на рис. 1.



Рис. 1. Загальний вигляд мобільної майстерні Locker

В кунгу майстерні компактно розташовані повітряний компресор, генератор, зварювальний апарат і т.д. Також в центральному відсіку кунгу встановлено шиномонтажний стенд, який служить для швидкого бортування гуми коліс. Майстерня має три окремих джерела електричного живлення – дизель генератор, акумуляторний інвертор з сонячною панеллю та можливість приєднатися до зовнішньої електричної мережі. Для навантажувальних робіт передбачено кран з лебідкою, які встановлено на кунгу.

Комплектація електричного інструменту містить дріль, болгарку, зварювальний апарат та точило, пускозарядний пристрій. А також всі необхідні витратні матеріали для даних інструментів. До комплекту домкратів майстерні входять наступні: підкатний, пляшкові низький та пляшковий великої вантажопідйомності, пневматичний, рейковий. Комплект ліхтарів дозволяє проводити ремонтні роботи цілодобово. Є потужні прожектори, ліхтарі з магнітними тримачами та ліхтарі на шию «вільні руки». Також в склад майстерні входить допоміжне обладнання: лопата, пила, сокира, вогнегасники, пластикові ємності для будь-яких рідин (у тому числі й нафтопродуктів). Крім того, наявна велика кількість ручного інструменту: ключів комбінованих, накидних з наборами головок, автомобільний сканер, набір метчиків та плашок, набір знімачів стопорних кілець, набір викруток і т.і.

Окремо для виконання шиномонтажних робіт автомобільної техніки пропонується залучити пересувну майстерню-шиномонтаж на базі повнопривідного шасі Isuzu NPS 75, яка призначена для забезпечення можливості оперативного ремонту легкового і вантажного автотранспорту, включно з ремонтом коліс великого діаметру, в умовах, коли немає можливості доставити транспортний засіб до стаціонарної майстерні. Конструктивно майстерня являє собою фургон каркасного типу, встановлений на шасі вантажного автомобіля. Загальний її вигляд показано на рис. 2.



Рис. 2 Пересувна майстерня-шиномонтаж

Майстерня оснащена дизельним генератором потужністю 10 кВт (380В), шиномонтажним верстатом для вантажних і легкових автомобілів, компресором пневматичним, комплектом домкратів, комплектом гідравлічного обладнання, комплектом для зварювальних робіт, комплектом електроінструменту, комплектом пневмоінструменту, комплект для роботи електрика, комплектом для ремонту пневмосистеми, комплектом для фарбування авто, комплектом для герметизації, матеріалами для ремонту камер.

Висновки. Здатність підрозділами Держспецтрансслужби ефективно виконувати завдання за призначенням суттєво залежить від наявності та технічного стану засобів транспортування. Проведено аналіз обладнання існуючих ремонтних засобів автомобільної техніки; наявні ремонтні засоби є застарілими.

Запропоновано декілька варіантів сучасних марок засобів технічного обслуговування та ремонту автомобільної техніки, якими пропонується укомплектувати ремонтні підрозділи.

Приведені ремонтні засоби також можуть використовуватись для базових шасі засобів інженерного озброєння. Оновлені зразки мають вищу продуктивність, мобільність та компактність у порівнянні з застарілими пересувними ремонтними засобами.

Таке переоснащення надає можливість швидко та ефективно проводити поточний ремонт та технічне обслуговування техніки безпосередньо в районах виконання завдань за призначенням з істотним підвищенням продуктивності та збільшенням швидкості проведення відповідних операцій.

Список використаних джерел

1. Довідник-каталог основних зразків озброєння та військової техніки які застосовувалися протиборчими сторонами під час відсічі широкомасштабного вторгнення рф в Україну (24.02.2022 – 30.06.2023) / Міністерство оборони України, Апарат Головнокомандувача Збройних Сил України, Генеральний штаб Збройних Сил України, Центр досліджень воєнної історії Збройних Сил України. – Київ: Видавництво Ліра-К, 2023. – 243 с.
2. Озброєння та техніка російсько-української війни : довідник / За загальною редакцією доктора військових наук, професора генерал-полковника М. В. Ковалю. – К: НУОУ, 2023. – 172 с.
3. Альбом схем організаційно-штатних структур підрозділів ДССТ (№269 ДСК від 07.11.24).
4. Мобільні майстерні LOCKER: ключ до мобільності та виживання
<https://military.com/uk/blogs/mobilni-majsterni-locker-klyuch-do-mobilnosti-ta-vyzhyvannya>.

UDC 658.7: 005.93

CROSS-SECTORAL SOLUTIONS FOR REDUCING LOGISTICS COSTS UNDER MILITARY THREATS

Dykan O.V. ¹, Dr. of Economics, Professor; Drozdova L.M. ², Master's degree student

Ukrainian State University of Railway Transport

¹ dikan@kart.edu.ua, ² drozdova2024@kart.edu.ua

Problem Statement. The full-scale war against Ukraine has radically transformed the operating environment of the national transport and logistics systems, exposing their structural dependence on energy imports, centralized supply chains, and fragmented information infrastructure. Disruptions in logistics corridors, fuel shortages, and the destruction of transport hubs have led to unprecedented growth in logistics costs for both public and private enterprises. Traditional cost-management approaches, which rely on stable transport infrastructure and predictable market conditions, have proven ineffective under conditions of high uncertainty, infrastructural destruction, and security risk.

In wartime, logistics networks must function under extreme constraints: damaged routes, limited mobility, and irregular supply of critical materials. As a result, the share of logistics costs in total production expenditure in industrial enterprises has increased by an average of 20–30 % compared to pre-war levels (World Bank, 2023). These developments have created the need for cross-sectoral cooperation, uniting the resources of the transport, industrial, energy, construction, and information technology sectors. Cross-sectoral interaction makes it possible

to achieve synergy in resource utilisation, to reduce transaction costs, and to ensure the adaptive sustainability of logistics and supply-chain systems in the face of military and hybrid threats.

At the same time, the rapid digitalisation of logistics management has opened new opportunities for analytical cost control, enabling real-time visibility of logistics processes and the reduction of redundant operations. However, the fragmentation of data flows between industrial, energy, and transport enterprises remains a key obstacle to the implementation of cost-efficient logistics models. Thus, the problem of logistics cost reduction under military threats must be examined through the prism of cross-sectoral coordination, digital integration, and resilience management.

Research Objective. The purpose of this study is to substantiate and develop cross-sectoral mechanisms for reducing logistics costs of enterprises in the context of military threats and post-war reconstruction. The research aims to identify technological, organisational, and financial solutions that integrate the efforts of multiple sectors — transportation, manufacturing, energy, and ICT — to achieve cost optimisation, resilience, and operational continuity in national logistics systems.

Research Results. Empirical and theoretical analysis demonstrates that logistics cost reduction under military risks is attainable only through systemic interaction between sectors. The most effective instruments include:

(1) Integration of transport, industrial, and energy infrastructures.

The synchronisation of production and transport schedules, coupled with real-time data on energy consumption, enables enterprises to minimise idle runs, reduce fuel losses, and coordinate shipments more efficiently. According to Christopher (2023), logistics costs can be reduced by 15–20 % through dynamic network integration and collaborative scheduling [1]. In the Ukrainian context, such integration should involve joint energy-transport control centres that coordinate the use of rolling stock and fuel supply in alignment with the capacities of critical energy infrastructure.

(2) Formation of multimodal logistics hubs.

Cross-sectoral cooperation is particularly effective in the development of multimodal logistics hubs that combine rail, road, river, and air transportation. Such hubs reduce transshipment costs, increase turnover rates, and improve supply-chain redundancy in case of route destruction. The experience of European Union member states shows that multimodal integration shortens delivery time by 12–15 % and reduces energy consumption per tonne-kilometre by nearly 18 % (European Commission, 2022).

(3) Implementation of digital logistics ecosystems.

Digital transformation is the most cost-effective means of achieving coordination under conditions of instability. By introducing digital twins, predictive analytics, and ERP/TMS/SCM systems, enterprises gain the ability to simulate disruptions and calculate their financial impact before they occur. As Ivanov et al. (2021) note, digital technologies have become a structural determinant of supply-chain resilience and cost efficiency [2]. In wartime logistics, digital ecosystems enable decentralised management and facilitate real-time route optimisation, which directly reduces cost per shipment.

(4) Shared-logistics models and cooperative utilisation of resources.

The concept of “shared logistics” — pooling transport assets, warehouse facilities, and ICT infrastructure between enterprises of different sectors — has proven to reduce overall logistics expenditure by up to 25 %. For example, shared warehousing between construction and metallurgical enterprises has significantly decreased inventory costs in central and western Ukraine. Such cooperation allows for flexible redistribution of capacity when regional disruptions occur.

(5) Development of hybrid supply-chain models.

A fundamental component of cost reduction in wartime logistics is the diversification of routes and delivery channels. Hybrid supply chains — combining domestic and international transport networks (such as EU rail

corridors, Danube ports, and temporary border hubs) — provide adaptive redundancy and reduce the risk of complete supply chain collapse. This model corresponds to the “supply-chain viability” paradigm proposed by

Ivanov (2022), in which agility, visibility, and flexibility are core determinants of cost-resilient logistics systems [3].

(6) Human capital and cross-sectoral logistics training.

Another key determinant of efficiency is the human factor. The preparation of multidisciplinary logistics teams capable of operating simultaneously in industrial, transport, and energy environments improves coordination and reduces managerial errors. Cross-training of personnel allows for operational substitution under crisis conditions and thus prevents cost escalation associated with downtime and decision delays.

(7) Public–private partnership as a financial instrument.

Reducing logistics costs in conditions of military risk is also contingent upon the implementation of targeted public-private partnership (PPP) mechanisms. State-supported co-financing programmes for logistics infrastructure, compensation of transportation costs, and insurance of wartime cargoes are critical to stabilising logistics expenses for Ukrainian enterprises. The Ministry for Restoration of Ukraine (2024) emphasises that such PPP models enhance not only cost efficiency but also overall supply-chain resilience and national logistics security [4].

In total, simulation modelling of integrated logistics networks demonstrates that cross-sectoral coordination can lower the total cost of logistics processes by 15–30 %, depending on the intensity of resource sharing, digitalisation level, and infrastructural connectivity. These effects accumulate through reduced duplication of logistics functions, optimised resource allocation, improved energy efficiency, and better management of supply risks.

Furthermore, the cross-sectoral approach contributes to the formation of a resilient logistics ecosystem in which cost reduction is not a temporary wartime adaptation but a structural transformation of the entire supply-chain system. This ecosystem operates on principles of modularity, digital transparency, and decentralised control. By integrating logistics flows across industries, Ukraine can simultaneously achieve cost efficiency and strengthen its critical infrastructure protection in the face of prolonged hybrid threats.

Conclusions. Cross-sectoral solutions for reducing logistics costs are an indispensable strategic component of Ukraine’s economic security and post-war recovery. They allow enterprises to maintain continuity of supply, minimise transaction costs, and build adaptive logistics networks resilient to disruption. The combination of infrastructural integration, digitalisation, and human-capital synergy creates a new model of cost management, in which logistics expenditures become an object of continuous optimisation rather than fixed overhead.

To institutionalise this transformation, it is necessary to develop a national coordination platform that unites the transport, industrial, and energy sectors; harmonise digital data-exchange standards between enterprises; and establish mechanisms for joint use of logistics infrastructure. The synergy of these measures will foster both micro-level cost efficiency and macro-level resilience, forming the backbone of Ukraine’s sustainable and secure logistics future.

References

1. Christopher, M. (2023). *Logistics and Supply Chain Management: Creating Value-Adding Networks* (6th ed.). Pearson Education. Retrieved from <https://books.google.com/books?id=oRLQEAAAQBAJ>
2. Ivanov, D., Blackhurst, J., & Das, A. (2021). Supply Chain Resilience and its Interplay with Digital Technologies: Making Innovations Work in Emergency Situations. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 51(2), 149–174. <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-03-2021-409>
3. Ivanov, D. (2022). *Introduction to Supply Chain Resilience and Viability: Management, Modelling, Technology*. Springer Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-70490-2>

4. Ministry for Restoration of Ukraine. (2024). *Strategy for the Development of Transport Infrastructure under Martial Law and Post-War Recovery*. Kyiv. <https://recovery.gov.ua>

5. European Commission. (2022). *EU Transport in Figures: Statistical Pocketbook 2022*. Publications Office of the European Union. <https://transport.ec.europa.eu>

6. World Bank. (2023). *Ukraine Rapid Damage and Needs Assessment: February 2022 – February 2023*. Washington, DC. <https://documents.worldbank.org>

УДК 658.7:005.932

КОНТРАКТНА ЛОГІСТИКА ЯК СУЧАСНИЙ ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ ЛАНЦЮГАМИ ПОСТАВОК

Сарахман О.М., к. е. н., доц.

Львівський національний університет імені Івана Франка
sarahman88@ukr.net

Постановка проблеми. Висока конкуренція, швидкі зміни ринкового середовища, зростання ролі електронної комерції та вплив кризових факторів, зокрема воєнних дій, зумовлюють необхідність забезпечення бізнесом стійкості, гнучкості і оптимізації витрат. У таких умовах підприємства потребують ефективних інструментів управління матеріальними й інформаційними потоками. Вагомого значення набуває контрактна логістика, що передбачає передачу логістичних процесів спеціалізованим операторам, дозволяючи компаніям зосередитися на основній діяльності, мінімізувати ризики та підвищити ефективність управління ланцюгами поставок.

Мета дослідження. Метою дослідження є визначення сутності контрактної логістики, аналіз її ролі у підвищенні ефективності управління ланцюгами поставок, а також виявлення переваг і перспектив її розвитку в умовах воєнного стану в Україні.

Результати дослідження. Контрактна логістика передбачає передачу сторонній організації функцій управління логістичними процесами, зокрема транспортування, зберігання, митного оформлення, управління запасами, обробки замовлень та організації доставки «останньої милі» [2]. На відміну від традиційної логістики, де компанія самостійно координує етапи руху товарів, контрактна логістика забезпечує комплексний підхід до всього ланцюга постачання. На рис. 1 подано модель контрактної логістики в управлінні ланцюгами поставок, що демонструє взаємодію виробників, дистриб'юторів, ритейлерів і споживачів через 3PL-провайдера [3].

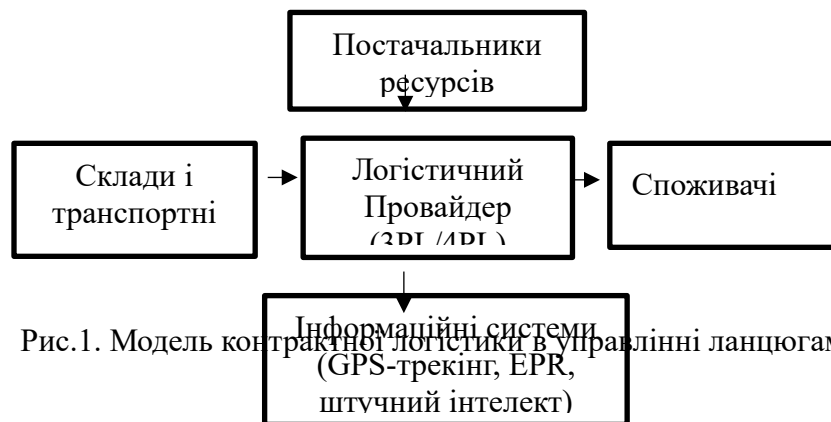


Рис.1. Модель контрактної логістики в управлінні ланцюгами поставок

У цій моделі ключові учасники ланцюга постачання – виробники, дистриб'ютори, ритейлери і кінцеві споживачі – взаємодіють між собою через посередництво логістичного провайдера (3PL). Саме він виконує функції транспортування, складування, митного оформлення, управління запасами і доставки «останньої милі». Завдяки такому підходу матеріальні потоки рухаються від виробника до кінцевого споживача максимально ефективно, а інформаційні потоки, що супроводжують цей рух, залишаються прозорими та контрольованими на кожному етапі [3].

За даними міжнародних досліджень, у 2023 році обсяг ринку контрактної логістики перевищив 280 млрд дол. США, а в найближчі п'ять років очікується щорічне зростання на 6–7%.

У Європейському Союзі понад 60% онлайн-ритейлерів вже користуються послугами 3PL-провайдерів, що свідчить про їх ефективність та актуальність для бізнесу [1]. Застосування контрактної логістики у міжнародній практиці демонструє, що вона забезпечує прозорість, знижує операційні ризики та підвищує ефективність управління ланцюгами поставок. Саме ці переваги роблять її особливо актуальною для України, де ринок логістики зазнає значних викликів у зв'язку з воєнним станом.

Воєнний стан суттєво трансформував логістичну систему країни. Частина інфраструктури була пошкоджена або зруйнована. Міжнародні перевезення ускладнилися, а вартість транспортування значно зросла. У таких умовах контрактна логістика дозволяє підприємствам оптимізувати витрати, мінімізувати ризики та забезпечити безперервність бізнес-процесів [2].

Переваги контрактної логістики включають: значне зниження витрат на утримання власної логістичної мережі (у середньому на 10–20%); забезпечення масштабованості бізнесу та можливості зосередитися на стратегічних напрямках діяльності; інтеграцію всіх логістичних процесів в єдину систему, що підвищує ефективність управління; покращення якості сервісу, завдяки чому клієнти отримують швидше та якісніше обслуговування (у середньому на 15–25%) [3]; оптимізацію транспортних маршрутів та використання «зелених» технологій, що зменшує викиди CO₂ і навантаження на довкілля.

Разом з тим контрактна логістика має певні недоліки. Для компаній із простими і стабільними процесами витрати на аутсорсинг можуть перевищувати очікуваний ефект. Співпраця з 3PL-провайдерами вимагає ретельного вибору надійного партнера, оскільки помилки у виконанні логістичних функцій напряму впливають на репутацію бізнесу [1].

Майбутнє контрактної логістики нерозривно пов'язане з цифровими технологіями. За прогнозами Gartner, у найближчі 5–7 років ключовими драйверами стануть: штучний інтелект – для прогнозування попиту та оптимізації маршрутів; Big Data-аналітика – для управління запасами та відстеження товаропотоків у реальному часі; блокчейн – для підвищення прозорості взаємодії всіх учасників ланцюга поставок.

Висновки. Для України, яка перебуває у складних умовах воєнного стану, розвиток контрактної логістики має стати пріоритетним напрямом економічного відновлення. Використання досвіду ЄС, впровадження «зелених» стандартів, цифрових технологій та сучасних рішень у сфері управління ланцюгами поставок дозволить підвищити ефективність національної економіки та забезпечити конкурентоспроможність українських підприємств на міжнародних ринках.

Список використаних джерел

1. Кирлик Н. Ю. Контрактна логістика: особливості та переваги. — Матеріали VI-ї Міжнародної наукової Інтернет-конференції «Національна безпека у фокусі викликів глобалізаційних процесів в економіці», м. Київ – Rozega, 20–21 лютого 2020 року. — С. 31–33. — URL: <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/31127>.
2. Що таке контрактна логістика і які можливості вона пропонує. *Raben Group*. — URL: <https://ukraine.raben-group.com/novini/detalnishe/shcho-take-kontraktna-logistika-i-jaki-mozhливosti-vona-proponuje>.
3. Безугла Л. С., Юрченко Н. І., Ільченко Т. В., Пальчик І. М., Воловик Д. В. *Логістика: навч. посіб.* — Дніпро: Пороги, 2021. — 252 с.

UDC 004.9:378:658.7

APPLICATION OF METAVERSE TECHNOLOGIES IN TRAINING LOGISTICS PROFESSIONALS TO STRENGTHEN THE SECURITY AND RESILIENCE OF SUPPLY CHAINS UNDER HYBRID THREATS

Krykhtina Yu. O.¹, Dr. of Public Administration, Professor; Romanovych I. Ye.², Master's degree student
Ukrainian State University of Railway Transport

¹ krykhtina@kart.edu.ua, ² romanovich2024@kart.edu.ua

Problem Statement. The modern logistics environment is characterized by growing turbulence, hybrid threats, and the need for rapid adaptation to continuous uncertainty. The full-scale war in Ukraine, global supply disruptions, and the reconfiguration of trade routes have revealed the fragility of traditional logistics models and educational paradigms. Logistics, once perceived merely as a technical and operational function, has become a strategic instrument of national resilience and enterprise survival. Damage to transport corridors, energy shortages, and the relocation of production facilities have demonstrated that the effectiveness of logistics systems largely depends on the preparedness and adaptability of human resources. Thus, the issue of training professionals capable of operating under complex, unstable, and high-risk conditions becomes a priority for both academia and business.

Traditional teaching methods—based primarily on lectures, static case studies, and post-event analysis—no longer ensure adequate readiness for crisis management and emergency coordination. In contrast, immersive educational technologies create opportunities for realistic, interactive, and continuous learning. The metaverse—an integrated digital environment combining virtual reality (VR), augmented reality (AR), and artificial intelligence (AI)—enables the simulation of real-life logistics operations, emergency response, and critical infrastructure management within a safe, controlled space. According to PwC (2023), immersive learning increases knowledge retention by up to 70% and enhances decision-making performance under stress conditions, which is crucial for crisis-oriented professions. Similarly, Gartner (2024) forecasts that by 2030, more than 40% of logistics training globally will be conducted in hybrid metaverse environments, reflecting their growing role in developing resilience-oriented competencies.

For Ukraine, the deployment of metaverse-based educational tools has an especially practical significance. Wartime realities—disrupted supply lines, destruction of transport nodes, and forced migration—require rapid reskilling and the creation of flexible, scalable learning environments. The metaverse provides such an opportunity by combining simulation, collaboration, and analytical feedback. It allows students, professionals, and decision-

makers to participate in collective virtual exercises, test response strategies for emergencies, and analyze the efficiency of logistics networks under simulated military or cyber threats. In this way, metaverse education becomes not only a pedagogical innovation but also an element of national security strategy, contributing to the preparedness of the human capital essential for post-war reconstruction and critical infrastructure protection.

Research Objective. The primary objective of this study is to substantiate the theoretical and methodological foundations for applying metaverse technologies in the professional training of logistics and supply chain management (SCM) specialists. The research aims to demonstrate how immersive technologies can strengthen the security, adaptability, and resilience of logistics systems operating under hybrid and wartime threats. The study focuses on defining pedagogical and technological principles for immersive learning, identifying mechanisms of competence formation relevant to crisis logistics, and outlining institutional strategies for integrating metaverse tools into national logistics education.

Research Results. The application of metaverse technologies in logistics education represents a multidimensional innovation that integrates simulation learning, digital twins, and collaborative interaction within a unified cyber-physical ecosystem. Such integration allows learners to participate in interactive logistics simulations that reflect real-world disruptions—such as transport blockades, warehouse shutdowns, or cyberattacks on logistics infrastructure—without physical risks. Ivanov and Dolgui (2020) emphasize that the resilience of logistics networks depends not only on technical robustness but also on the adaptability of human decision-makers [1]. Immersive environments replicate precisely this human dimension by enabling learners to experience the consequences of their actions in real time.

Metaverse-based logistics education can be structured around three interdependent dimensions:

1. Technological infrastructure, which supports three-dimensional modeling, multi-user interaction, and integration with enterprise management systems (ERP/TMS);
2. Pedagogical frameworks, which enable experiential learning, problem-based scenarios, and gamified assessment of crisis decision-making;
3. Institutional collaboration, linking universities, logistics firms, and public authorities into a joint ecosystem of competence development.

In the Ukrainian context, where traditional training facilities and transportation networks have been partially destroyed, metaverse environments may function as digital laboratories for modeling sustainable logistics chains, optimizing delivery under constraints, and testing post-war recovery strategies.

From a methodological perspective, immersive technologies transform the learning process into an active, competence-based experience. Students design virtual supply chains, optimize transportation routes, allocate resources dynamically, and simulate multi-modal logistics operations combining road, rail, and maritime transport. The integration of digital twins—virtual models of logistics networks—makes it possible to track the propagation of disruptions, analyze system bottlenecks, and develop adaptive response strategies under fluctuating energy or security conditions [2]. Such dynamic modeling bridges the gap between theoretical training and real operational decision-making.

Equally important is the formation of soft and meta-competencies that determine professional resilience under uncertainty: teamwork, critical thinking, situational awareness, stress resistance, and adaptive leadership. According to Sheffi (2021), these qualities form the human foundation of logistics resilience [3]. Immersive simulations can reproduce stressful and high-stakes logistics contexts—such as humanitarian corridor management or emergency evacuation supply planning—allowing learners to develop psychological and managerial readiness for unpredictable situations.

Another crucial benefit of metaverse-based training lies in its inclusivity and accessibility. Virtual campuses enable participation regardless of location, allowing displaced Ukrainian students or professionals from conflict-affected regions to continue education remotely. This democratization of access aligns with the EU Digital

Education Action Plan (2023–2030) and supports Ukraine’s integration into the European Higher Education Area. The European Commission (2024) stresses that immersive technologies are essential for preparing next-generation transport and logistics professionals who can operate resilient networks across interconnected economies [4].

From an institutional and policy standpoint, integrating metaverse technologies into logistics education demands a coordinated national approach. Universities should establish secure digital infrastructures, develop cyber protection protocols for educational platforms, and build cross-sectoral partnerships with IT companies, logistics enterprises, and governmental agencies. Such collaboration ensures both technological feasibility and pedagogical effectiveness, positioning the educational metaverse as a strategic component of Ukraine’s human capital development in logistics.

Practical experience from pilot projects shows that virtual logistics simulators can significantly improve learners’ problem-solving capabilities and systems thinking. Through continuous interaction with simulated environments, students develop an understanding of interdependencies between transport nodes, supply stability, and financial constraints. The metaverse thus serves as a strategic competence-building ecosystem, nurturing specialists capable of managing logistics networks resiliently in volatile, resource-limited, or post-crisis conditions.

Conclusions. The introduction of metaverse technologies into logistics and supply chain management education forms a vital element of Ukraine’s digital and post-war reconstruction strategy. It provides an innovative framework for developing adaptive, data-driven, and human-centered logistics professionals who can respond to hybrid threats, ensure transport safety, and contribute to sustainable economic recovery. Immersive environments based on virtual and augmented reality expand learning beyond traditional boundaries, linking knowledge with practical resilience-building experiences.

For Ukrainian higher education institutions, the metaverse offers a dual advantage: enhancing educational quality and contributing directly to the security and sustainability of national logistics infrastructure. By incorporating digital twins and virtual crisis simulations into curricula, universities can ensure continuous professional development, align training with European standards, and create a new generation of logistics managers equipped to maintain operational stability even under the most complex conditions. In essence, metaverse education transforms logistics training from a passive learning process into an active system of strategic preparedness, reinforcing both the human and institutional resilience of Ukraine’s logistics sector.

References

1. Ivanov, D., & Dolgui, A. (2020). Viability of intertwined supply networks: Extending the supply chain resilience angles towards survivability. *International Journal of Production Research*, 58(10), 2904–2915.
2. Ivanov, D., Dolgui, A., & Sokolov, B. (2021). Digital Supply Chain Twins: Managing the Ripple Effect, Resilience, and Disruption Risks. *International Journal of Production Research*, 59(20), 6255–6273.
3. Sheffi, Y. (2021). *The New (Ab)Normal: Reshaping Business and Supply Chain Strategy Beyond COVID-19*. MIT Press.
4. European Commission. (2024). *EU Transport Security and Resilience Strategy*. Brussels: Directorate-General for Mobility and Transport.
5. PwC. (2023). *Immersive Learning in Logistics: Virtual Reality and Human Adaptability*. London: PwC Research Report.
6. Gartner. (2024). *Future of Supply Chain Education: Immersive and Intelligent Learning Ecosystems*. Gartner Insights Report.

UDC 658.7: 005.7

ADAPTIVE MANAGEMENT OF ENTERPRISE LOGISTICS ACTIVITIES UNDER WARTIME CHALLENGES

Dykan O. V.¹, Dr. of Economics, Professor; **Rykova Ya. O.²**, Master's degree student
Ukrainian State University of Railway Transport

¹ dikan@kart.edu.ua, ² rikova2024@kart.edu.ua

Problem Statement. The full-scale war in Ukraine has radically transformed logistics and supply chain management. Logistics, once viewed as a technical function, has become a strategic factor of enterprise survival and national resilience. Damaged infrastructure, disrupted transport corridors, energy shortages, and market dislocation have forced companies to move from efficiency-based to resilience-oriented logistics models.

Traditional management systems—built on stable supply chains and centralised control—can no longer ensure continuity under constant uncertainty and physical threats. The OECD (2023) reports that wartime logistics costs in Ukraine increased by 30–45 %, while delivery times doubled [1]. This highlights the vulnerability of rigid systems and underscores the need for adaptive logistics management, which integrates flexibility, redundancy, and real-time data.

Adaptive logistics represents a shift in supply chain theory—from efficiency toward viability [2]. It institutionalises continuous monitoring, scenario-based planning, and learning-driven decision-making, transforming logistics into a cyber-physical system capable of self-adjustment and evolution.

Research Objective. The objective of this research is to substantiate a conceptual and methodological framework for adaptive logistics management at the enterprise level under wartime challenges. This framework seeks to define the structural and functional principles of adaptive management, identify the mechanisms that ensure resilience and operational stability of logistics systems, establish a methodological foundation for assessing adaptive efficiency, and outline strategic directions for the institutionalisation of adaptive logistics within the broader context of post-war reconstruction.

Research Results. Effective management of logistics systems under wartime conditions requires an integrated, adaptive framework that balances flexibility, technological innovation, and human resilience. The following results summarise the conceptual and practical foundations of adaptive logistics management at the enterprise and policy levels.

1. Conceptualisation of Adaptive Logistics Management.

Adaptive logistics management is a system of dynamic coordination of material, informational, and financial flows grounded in decentralised decision-making, digital feedback, and continuous learning. Its core task is to synchronise logistics subsystems — procurement, transport, warehousing, and distribution — amid instability. The Adaptive Logistics Cycle (ALC) integrates four interdependent domains: environmental monitoring and situational awareness, scenario-based planning and predictive control, decentralised execution and flexible resource configuration, and feedback-based evaluation and learning. Together, they form a continuous loop ensuring the system's ability to perceive, interpret, respond, and evolve.

2. Environmental Monitoring and Digital Visibility.

Adaptive logistics begins with real-time awareness of supply, demand, and transport flows. Enterprises implement integrated monitoring systems using IoT sensors, ERP/TMS platforms, and satellite tracking to maintain visibility. Ivanov (2022) shows that supply-chain transparency increases response speed to disruptions by over 30 %, allowing firms to prevent rather than merely react to losses [2]. In adaptive systems, data collection becomes a strategic instrument for predictive analytics, early detection of bottlenecks, and dynamic route correction.

3. Scenario-Based Planning and Predictive Control.

Adaptive enterprises rely on multiple logistics scenarios reflecting potential risks such as route blockades, energy shortages, or cyberattacks. Unlike static contingency plans, scenarios are continuously refined using AI-driven probabilistic forecasts. Christopher (2023) emphasises that modular, scenario-based architectures maintain network stability even when individual nodes fail [3]. Predictive control enables managers to simulate alternative routes, evaluate trade-offs, and reduce financial impact by up to 25 % [4].

4. Decentralised Execution and Operational Flexibility.

Centralised hierarchies are vulnerable during crises due to communication failures and delays. Adaptive systems therefore rely on decentralised autonomy, granting regional or functional units the authority to make tactical decisions within strategic parameters. Pettit et al. (2019) note that distributed authority enhances cumulative resilience and fosters local problem-solving [5]. This autonomy allows rapid rerouting, warehouse repurposing, and vehicle reallocation without waiting for central approval, shortening decision cycles and sustaining staff motivation.

5. Human Adaptability and Competence Renewal.

Human capital is as vital to adaptability as technology. Resilient logistics systems depend on multifunctional training, stress management, and informed decision-making under uncertainty. Cross-functional teams combining expertise in transport, procurement, warehousing, and analytics improve flexibility and reduce dependence on single specialists. OECD (2023) ranks workforce adaptability among the top determinants of enterprise survival [1]. Institutionalising continuous learning and psychological resilience transforms employees into an adaptive subsystem capable of reorganising according to situational demands.

6. Integration of Digital Twins and Data-Driven Learning.

Advanced adaptive management involves creating digital twins — virtual replicas of logistics networks used to simulate disruptions, test configurations, and evaluate resilience strategies. Such models merge operational, spatial, and predictive data to support real-time decisions. Ivanov et al. (2021) found that simulation-based management can cut the financial consequences of logistics shocks by 20–25 % [4]. Interaction between digital and real systems forms a feedback-learning loop in which field data refine models, and model insights guide real operations, institutionalising continuous improvement.

7. Financial Adaptability and Rolling Forecasting.

Financial resilience complements operational flexibility. Fixed annual budgets lose relevance amid volatility; adaptive firms instead use rolling forecasts updated monthly or quarterly to reflect demand, prices, and constraints. This ensures liquidity and responsive allocation of resources. The EBRD (2023) highlights adaptive financial planning as key to business recovery [6]. Flexibility also extends to transport contracts, shifting from fixed to variable-rate agreements aligned with real-time capacity utilisation and cost efficiency.

8. Measuring Adaptive Efficiency: Indicators and Methods.

Assessing adaptive performance requires a three-tier system of indicators. Temporal efficiency measures delivery stability and decision speed; resource efficiency tracks transport utilisation, energy use, and warehouse turnover; and the resilience index evaluates completed deliveries, recovery speed, and redundancy effectiveness. Integrating these metrics allows managers to monitor both operational output and adaptive capacity, ensuring continuous alignment with environmental dynamics.

9. Institutionalisation and Policy Implications.

At the macro level, adaptive logistics development in Ukraine demands coordinated policy and institutional support. The Ministry for Restoration (2024) and European partners propose establishing a National Framework for Logistics Resilience encompassing standardised data exchange between business and government, public–private partnerships for infrastructure recovery, research into digital-twin technologies, and professional training in adaptive logistics management. These initiatives would synchronise adaptive practices across the logistics

ecosystem, strengthening both corporate efficiency and collective resilience while supporting Ukraine's integration into the European transport network.

Conclusions. Adaptive management of enterprise logistics activities represents a new managerial paradigm tailored to the realities of wartime and post-war transformation. It redefines logistics from a linear, cost-driven function into a cyber-physical, learning-oriented system capable of anticipating change, self-adjusting to disruptions, and recovering autonomously. The proposed Adaptive Logistics Cycle—comprising monitoring, predictive planning, decentralised execution, and feedback learning—offers a practical model for integrating flexibility and resilience into logistics management, requiring not only technological modernisation but also cultural and institutional transformation through decision decentralisation, human capital empowerment, and continuous learning. For Ukraine, the development of adaptive logistics management systems is crucial for ensuring business continuity during war, fostering sustainable reconstruction, and advancing integration into the European logistics network, while institutionalising adaptability today will define the long-term competitiveness and resilience of the national logistics ecosystem.

References

1. OECD. (2023). Resilient Supply Chains: Policies for Post-Crisis Adaptation. OECD Publishing. <https://www.oecd.org>
2. Ivanov, D. (2022). Introduction to Supply Chain Resilience and Viability: Management, Modelling, Technology. Springer Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-70490-2>
3. Christopher, M. (2023). Logistics and Supply Chain Management: Creating Value-Adding Networks (6th ed.). Pearson. <https://books.google.com/books?id=oRLQEAAAQBAJ>
4. Ivanov, D., Blackhurst, J., & Das, A. (2021). Supply Chain Resilience and its Interplay with Digital Technologies. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 51(2), 149–174. <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-03-2021-409>
5. Pettit, T. J., Croxton, K. L., & Fiksel, J. (2019). The Evolution of Resilience in Supply Chain Management. Journal of Business Logistics, 40(1), 56–65. <https://doi.org/10.1111/jbl.12202>
6. European Bank for Reconstruction and Development (EBRD). (2023). Ukraine Economic Review: Logistics and Infrastructure under Stress. London: EBRD. <https://www.ebrd.com>
7. Ministry for Restoration of Ukraine. (2024). Strategy for the Development of Transport Infrastructure under Martial Law and Post-War Recovery. Kyiv. <https://recovery.gov.ua>

УДК 623.437

ДЕЯКІ ПИТАННЯ ОНОВЛЕННЯ ПАРКУ ПЕРЕСУВНИХ РЕМОНТНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ІНЖЕНЕРНОЇ ТЕХНІКИ

Тимошенко І.В.¹, Богомаз В.М.², к.ф.-м.н., доцент

¹Адміністрація Держспецтрансслужби є будівництво військових інженерно-технічних та фортифікаційних споруд, відновлення об'єктів інфраструктури і т.і. Для виконання поставлених завдань залучається велика кількість інженерної техніки. Для успішного виконання нею завдань необхідно своєчасно та якісно проводити технічне обслуговування за регламентом. Крім того,

²Український державний університет науки і технологій

²wbogomas@i.ua

Постановка проблеми. В умовах активних бойових дій в нашій країні пріоритетними завданнями підрозділів Держспецтрансслужби є будівництво військових інженерно-технічних та фортифікаційних споруд, відновлення об'єктів інфраструктури і т.і. Для виконання поставлених завдань залучається велика кількість інженерної техніки. Для успішного виконання нею завдань необхідно своєчасно та якісно проводити технічне обслуговування за регламентом. Крім того,

наявна техніка часто виходить з ладу внаслідок мінно-вибухових уражень, від безпілотних літальних апаратів, артилерійських обстрілів та за інших причин. Отже, є нагальна потреба швидкого відновлення техніки для ефективного подальшого застосування.

Для виконання таких робіт використовуються пересувні ремонтні засоби. В розпорядженні підрозділів Держспецтрансслужби є такі зразки ремонтних засобів для засобів інженерного озброєння – ПММ-3М, ПРМА-2М, МТО-СДМ. Слід зауважити, що за останні роки парк техніки підрозділів суттєво оновився сучасними зразками засобів інженерного озброєння закордонного виробництва. Суттєвим недоліком вищеперелічених пересувних ремонтних засобів є те, що вони здебільшого орієнтовані на технічне обслуговування та ремонт техніки вітчизняного або навіть радянського виробництва. Також суттєвим фактором є те, що базовими машинами даних майстерень є застарілий автомобіль марки ЗІЛ, який в умовах сьогодення є не зовсім ефективним та економічним у використанні. Таким чином, стає все більш актуальним питання оновлення засобів ремонту та технічного обслуговування для підрозділів Держспецтрансслужби.

Мета дослідження. Метою даного дослідження є аналіз обладнання існуючих ремонтних засобів та вироблення технічних умов для виробництва та переліку необхідного обладнання сучасної майстерні для засобів інженерного озброєння, враховуючи наявну їх номенклатуру в підрозділах Держспецтрансслужби.

Результати дослідження. Підрозділи Держспецтрансслужби з початку воєнних дій проводили дообладнання існуючих майстерень для потреб сучасної техніки самостійно в межах своїх можливостей. Так однією з перших в цьому напрямку в підрозділах була обладнана сучасна рухома майстерня багатоцільова Iveco-Magirus 90-16, яка призначена для поточного ремонту техніки, в тому числі і засобів інженерного озброєння. На сьогодні завдяки співпраці органів військового управління та військовими частинами, які безпосередньо виконують завдання за призначенням, за участі закладів освіти та під керівництвом управління озброєння логістики Адміністрації Держспецтрансслужби, розроблено технічні умови та перелік необхідного обладнання майстерні технічного обслуговування засобів інженерного озброєння для потреб підрозділів Держспецтрансслужби, яка призначена для поточного ремонту та технічного обслуговування екскаваторів, бульдозерів, навантажувачів, проведення шиномонтажних робіт, виконання слюсарних, зварювальних та монтажних робіт, евакуації та відновлення несправної техніки. Орієнтовний загальний вигляд даної майстерні приведено на рис. 1.

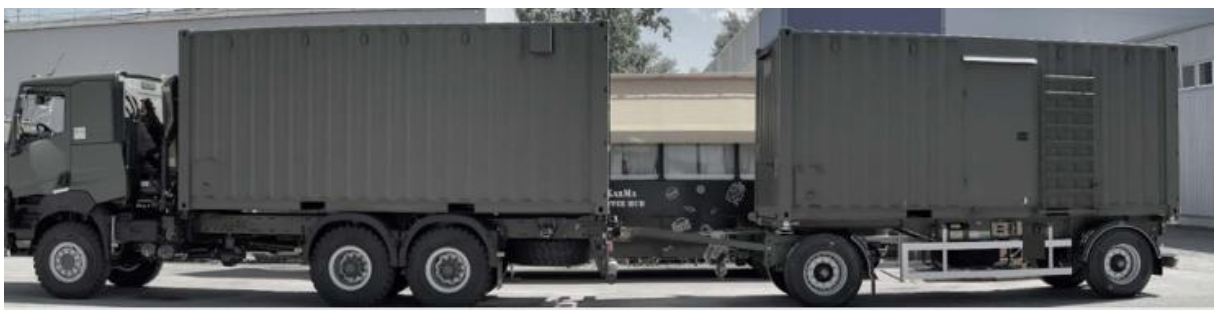


Рис. 1 Загальний вигляд майстерні технічного обслуговування засобів інженерного озброєння

Базовою машиною даної майстерні потужний і економічний автомобіль сучасної марки з розширеною кабіною з кількістю сидінь 6 для фахівців майстерні. Для проведення навантажувально-розвантажувальних робіт базова машина оснащена краном-маніпулятором з максимальною вантажопідйомністю понад 3 тони. Для проведення заходів евакуації пошкодженої техніки передбачено тягову лебідку з максимальним тяговим зусиллям майже 10 тон. Пересувна ремонтна майстерня складається з слюсарно-механічної майстерні на базовій машині та майстерні шиномонтажних робіт на двовісному причепі.

Перша оснащена наступним основним обладнанням: токарно-гвинторізним верстатом, свердлильно-фрезерним верстатом, пресом настільним 12т, балонами з азотом, аргонном, вуглекислотою, повітряним компресором, дизельним генератором, заточувальним верстатом, плазморізом, мийкою високого тиску, наборами ступичних та інструментальних ключів. Крім того, наявна велика кількість дрібного інструменту та обладнання для ремонтних робіт сучасних засобів інженерного озброєння. Майстерня шиномонтажних робіт обладнана шиномонтажним стендом, набором ключів комбінованих, шиномонтажним стендом для вантажних автомобілів, повітряним компресором, дизельним генератором, кран-балкою.

Висновки. Здатність підрозділами Держспецтрансслужби ефективно виконувати завдання за призначенням суттєво залежить від наявності сучасної справної техніки та швидкості приведення її у справний стан після пошкоджень. Проведено аналіз обладнання існуючих ремонтних засобів; наявні ремонтні засоби є застарілими та потребують модернізації, а також розробки нових зразків з сучасним обладнанням за потребами підрозділів.

Розроблено технічні умови для виробництва та перелік необхідного обладнання сучасної пересувної майстерні для засобів інженерного озброєння, яка враховує наявну їх номенклатуру в підрозділах Держспецтрансслужби.

Список використаних джерел

1. Довідник-каталог основних зразків озброєння та військової техніки які застосовувалися протиборчими сторонами під час відсічі широкомасштабного вторгнення рф в Україну (24.02.2022 – 30.06.2023) / Міністерство оборони України, Апарат Головнокомандувача Збройних Сил України, Генеральний штаб Збройних Сил України, Центр досліджень воєнної історії Збройних Сил України. – Київ: Видавництво Ліра-К, 2023. – 243 с.
2. Озброєння та техніка російсько-української війни : довідник / За загальною редакцією доктора військових наук, професора генерал-полковника М. В. Ковалю. – К: НУОУ, 2023. – 172 с.
3. Альбом схем організаційно-штатних структур підрозділів ДССТ (№269 ДСК від 07.11.24).

УДК 656.212

ЛОКОМОТИВНЕ ГОСПОДАРСТВО УКРАЇНИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ: ОСНОВНІ РИЗИКИ ТА НАПРЯМКИ ЇХ ПОДОЛАННЯ

Вернигора Р.В.¹, к. т. н., проф.; **Прокопа О.І.**², аспірант; **Тітяпов В.І.**³, аспірант
*ННІ «Дніпровський інститут інфраструктури і транспорту»
Українського державного університету науки і технологій*

¹ r.v.vernyhora@ust.edu.ua, ² oleg.prokopa@gmail.com, ³ agrostream.rail@gmail.com

Постановка проблеми. Залізничний транспорт України у воєнний період виконує роль критичної інфраструктури багатоцільового призначення, забезпечуючи: безперервність воєнної логістики, стійкість критично важливих для економіки держави ланцюгів постачання (зокрема, експортних), мобільність населення (зокрема, евакуаційні заходи). В межах цієї системи локомотивне господарство – сукупність тягового рухомого складу, ремонтної бази, локомотивних депо та допоміжної інфраструктури енергоживлення – є визначальним елементом керованості та стабільності перевізного процесу. З початку повномасштабної війни українські залізниці зазнали значних втрат та руйнувань, однак залишаються в Україні основним перевізником вантажів. У 2025 р. росія цілеспрямовано та системно посилила удари по залізничній інфраструктурі, в першу чергу по локомотивним депо та тяговим підстанціям, тим самим, намагаючись порушити логістику постачання як цивільних, так і військових вантажів. Тому питання підвищення стійкості та живучості як системи залізничних перевезень в цілому, так і локомотивного господарства зокрема, є наразі вкрай актуальними і потребують розробки дієвих заходів для забезпечення стабільної роботи залізниць в умовах воєнного стану.

Мета дослідження. Метою дослідження є аналіз поточного стану локомотивного господарства українських залізниць, визначення основних ризиків та проблем у його роботі в умовах повномасштабної війни, а також пошук шляхів подолання та нейтралізації цих проблем та ризиків для забезпечення стабільності та надійності перевізного процесу залізничним транспортом.

Результати дослідження. У 1991 р. Україна мала досить потужний парк локомотивів, що нараховував 6120 одиниць (1910 електровозів та 4210 тепловозів), що обслуговувались та ремонтувались у більш як 70 локомотивних депо [1]. Однак за тридцять років локомотивний парк суттєво скоротився (у 3,5 рази) і на початок 2022 р. становив – 1724 одиниці (1102 електровози та 622 тепловози), з яких тільки 1204 (70%) перебували в експлуатації [2], а з втратою тимчасово окупованих територій Криму та Донбасу у 2014...2015 р.р. кількість локомотивних депо скоротилась до 43 [3]. При цьому за всі роки незалежності було придбано трохи більше 100 локомотивів, тому однією з основних проблем для українських залізниць є високий рівень зношеності тягового рухомого складу – 96% при середньому терміні експлуатації локомотивів – 42...45 років [1]. Очевидно, що це призводить до зростання відмов у роботі локомотивів, знижує рівень безпеки та в цілому знижує ефективність перевізного процесу. Саме проблема дефіциту та зношеності тягового рухомого складу була однією з ключових для українських залізниць до 2022 р., хоча варто зазначити, що і після початку повномасштабної війни ця проблема залишається актуальною.

З початком вторгнення росії на територію України у 2022 р. залізнична галузь зазнала чуттєвих втрат – як через окупацію території України, де розташовувались станції, вагонні та локомотивні депо, тягові підстанції, залізничні лінії тощо, так і безпосередньо через російські удари по залізничній інфраструктурі ракетами, бомбами та ударними безпілотниками. Тільки на березень 2023 р. загальні прямі збитки залізниці оцінювались у 4,3 млрд. USD [4]; очевидно що наразі, особливо, після масштабних ударів по залізничним станціям, локомотивним депо та енергетичним об'єктам у 2025 р., обсяги збитків суттєво зросли. Так, на тимчасово окупованих територіях з 2022 р. залишилися депо Пологи, Маріуполь, Мелітополь, Волноваха, Камиш-Зоря,

а в зоні активних бойових дій – Куп'янськ та Покровськ, постійно під обстрілами – Синельникове, Херсон. З 2022 р., насамперед, завдяки оперативним діям залізничників у перші дні повномасштабного вторгнення, інвентарний парк магістральних вантажних локомотивів практично не змінився, однак експлуатований зменшився до 1147 од. (-4,7% до 2022 р.) [5]. При цьому показники роботи локомотивного парку (середньодобова продуктивність та маса бруutto вантажного поїзда) за час війни погіршились: 2021 р. – 1232 тис. т-км та 3226 т відповідно; 2024 р. – 1150 тис. т-км (-6,6%) та 2895 т (-10%) відповідно.

У серпні-жовтні 2025 р. російські ракетно-дронові удари по об'єктах залізничної інфраструктури України, зокрема по локомотивним депо, суттєво посилились – в цілому майже 300 ударів саме по об'єктах Укрзалізниці. За це період Україна втратила близько 10...12% парку локомотивів [6]. Так, значних пошкоджень в цей період зазнали депо Київ (Інтерсіті+), Одеса, Полтава, Конотоп, Знам'янка, під постійними ударами – депо Синельникове, ім. Т. Шевченка, Нижньодніпровськ-Вузол, Козятин та ін. Це, окрім пошкодження інфраструктури, рухомого складу та, на жаль, людських втрат, призводить також до порушень у русі поїздів та відповідних проблем в налагодженні перевізного процесу як цивільних, так і військових вантажів. Однак, попри зростання інтенсивності ударів, завдяки оперативним та самовідданим діям залізничників, заходи з відновлення інфраструктури, перехід на тепловозну тягу, організація руху по альтернативним маршрутам тощо дозволяють відновити роботу залізничної мережі, як правило, у межах вже 6...12 годин після уражень. Очевидно, що питання ефективного захисту об'єктів залізничної інфраструктури, зокрема локомотивних депо, є наразі вкрай актуальними та потребують оперативних та ефективних рішень. Серед основних напрямків захисту та підтримки надійної роботи об'єктів локомотивного господарства можна виділити наступні:

Інженерні заходи: посилення конструктивної безпеки виробничих корпусів депо; організація тимчасових укриттів/екранів та маскування локомотивів; розосередження парку локомотивів між пунктами базування.

Енергетична стійкість: резервування живлення (автономні джерела для критичних технологічних операцій у депо), алгоритми переходу на тепловозну тягу на час відновлення електропостачання.

Операційна та логістична гнучкість: сценарне планування руху з обхідними маршрутами; «гарячі» запаси критичних запчастин; уніфікація ремонтних процедур; мобільні ремонтні бригади.

Технічна політика: прискорені капітальні ремонти/модернізації локомотивів; локалізація ремонту найважливіших вузлів; пілотні проєкти з гібридною/акумуляторною маневровою тягою.

Організаційно-фінансові рішення: централізація управління тягою (створення єдиної «Локомотивної компанії») для синхронізації ремонтних програм, плану використання та обігу локомотивів; тарифні рішення, спрямовані на покриття витрат відновлення з мінімізацією негативного впливу на експортно-логістичну конкурентоспроможність; використання інструментів міжнародної допомоги, грантів, гарантій і страхування воєнних ризиків для контрактів на відновлення.

Висновки. Локомотивне господарство є критичним елементом національної безпеки в умовах тривалої війни. Стійкість та надійність локомотивної тяги є наразі необхідною умовою для забезпечення економіки України як у цивільних, так і військових перевезеннях. Цілеспрямовані удари ворога об'єктам залізничної та локомотивної інфраструктури це підтверджують. Серед довоєнних проблем локомотивного господарства України – зношеність локомотивного парку, недостатній рівень технічного оснащення ремонтної бази, відсутність прозорих механізмів розподілу тягових ресурсів між клієнтами залізниці. Під час повномасштабної війни українські залізниці зазнали значних втрат, але завдяки своєчасним організаційно-технічним рішенням залізничний транспорт залишається одним з основних перевізників вантажів та пасажирів, забезпечуючи потреби держави як в цивільних, так і у військових перевезеннях. Серед основних напрямків захисту об'єктів локомотивного господарства та забезпечення їх стабільної роботи: інженерний (насамперед, антидроновий) захист депо та локомотивів; резервування енергопостачання; розробка альтернативних маршрутів руху, зокрема на тепловозній тязі; прискорена модернізація парк локомотивів (насамперед, тепловозів) та ремонтної бази; впровадження фінансових інструментів страхування відновлення як за рахунок державного бюджету, так і іноземних інвестицій.

Список використаних джерел

1. Підвищення ефективності оперативного керування локомотивним парком України: монографія / Д. М. Козаченко та ін. Дніпро : Герда, 2017. 164 с.
2. Транспорт України-2022. Київ : Держстат України, 2023. 98 с.
3. Локомотивні депо Укрзалізниці - електротехнічні рішення СВІП КВАЗАР. URL: <https://kvazar.com.ua/uk/novosti-ua/227-reforma-lokomotivnikh-depo-ukrajini> (дата звернення: 24.10.2025)
4. Звіт про прямі збитки інфраструктури від руйнувань внаслідок військової агресії росії проти України за рік від початку повномасштабного вторгнення. Київ : KSE, 2023. 50 с.
5. Качковський О. Д. Підвищення ефективності роботи АТ «Укрзалізниця» шляхом оновлення парку вантажних локомотивів в умовах мобілізаційної економіки. *Review of Transport Economics and Management*. 2024. № 12(28). С. 82–89.
6. Шевченко Ю. Росія прицільно б'є по локомотивах: Україна втратила понад 10% тягового парку – логістика під тиском війни. *Перший бізнесвий*. URL: <https://fbc.biz.ua/news/ekonomika-uk/rosiya-pritsilno-b-ye-po-lokomotivah-ukrayina-vtratila-ponad-10-tyagovogo-parku-logistika-pid-tiskom-vijni/> (дата звернення: 24.10.2025).

УДК 622.68

ПРОЦЕС ПЕРЕОСНАЩЕННЯ ДЕРЖАВНОЇ СПЕЦІАЛЬНОЇ СЛУЖБИ ТРАНСПОРТУ ТЕХНІЧНИМИ ЗАСОБАМИ

Гута С.С.¹, кандидат наук з державного управління;

Крамар І.Є.², науковий співробітник

militarynauka@dsst.gov.ua; i.y.kramar@ust.edu.ua

Постановка проблеми. Постановка проблеми переоснащення логістики **Державної спеціальної служби транспорту (Держспецтрансслужби)** новою технікою ґрунтується на критичній потребі **модернізації** для ефективного виконання їхніх унікальних завдань в умовах воєнного стану та післявоєнної відбудови. Основна проблема полягає в тому, що наявний технічний парк, значна частина якого є **застарілою** (часто радянських зразків або старої модифікації), **не відповідає** сучасним вимогам щодо мобільності, швидкості виконання робіт, економічності та безпеки.

Мета дослідження. Забезпечити **Держспецтрансслужбу сучасною, надійною та уніфікованою** інженерною, транспортною та ремонтною технікою, здатною швидко і безпечно відновлювати національну транспортну систему, відповідаючи вимогам воєнного часу та стратегії післявоєнної відбудови.

Результати дослідження. Основною функцією логістики є тилове та технічне забезпечення **Держспецтрансслужбу**, яке включає зберігання, ремонт, транспортування озброєння, боєприпасів, військової техніки, продовольства та пального. Впровадження стандартів НАТО стало важливим досягненням Сил логістики. Це включає програму Logfas для підтримки логістики під час операцій і навчань, а також систему Kogovaj, що забезпечує прозорість у процесі розподілу озброєння і техніки, отриманих від міжнародних партнерів. Автоматизація процесів триває, зокрема за допомогою ERP-системи SAP для управління запасами речового майна та запчастин. Процес переоснащення Сил логістики новою технікою також безперервний. До арсеналу вже увійшли вантажівки Daewoo Novus, паливозаправники на базі Renault, пересувні майстерні, що дозволяють ремонтувати техніку поблизу фронту. Водночас важливим завданням є відновлення пошкодженої техніки. Процес переоснащення **Держспецтрансслужби Збройних Сил України** новою технікою є **постійним і комплексним** процесом, спрямованим на підвищення їхньої мобільності, ефективності та живучості відповідно до стандартів НАТО та потреб сучасної війни. Основні напрями та елементи цього процесу включають:

1. Автоматизація та цифровізація управління

Впровадження сучасних автоматизованих систем управління ресурсами значно прискорює та оптимізує логістичні процеси:

Система на базі SAP: Впроваджується автоматизована система управління оборонними ресурсами на базі **System Analysis Program Development (SAP)**, яка є світовим лідером у сфері логістики. Це дозволяє прискорити опрацювання заявок на постачання від бригад з кількох тижнів до 2-3 днів. Система забезпечує автоматизацію обліку речового майна, запчастин, а також техніки.

На модернізованих складах базові операції проводяться за допомогою **сканерів, терміналів збору даних** та інших інструментів управління на базі SAP.

Принцип "need to know": Застосовується принцип обмеженого доступу, коли користувач має доступ лише до інформації, необхідної для виконання його конкретного завдання.

2. Забезпечення сучасними транспортними засобами

Переоснащення включає закупівлю та постачання широкого спектру автомобільної та спеціальної техніки, як вітчизняного, так і іноземного виробництва, часто в рамках міжнародної допомоги:

Вантажні автомобілі: Надходження нових, більш надійних та універсальних вантажівок для перевезення особового складу, боєприпасів, пального та інших матеріальних засобів.

Спеціалізована техніка: Включає тягачі, крани, навантажувачі, ремонтно-евакуаційні машини, паливозаправники та інші машини, критично необхідні для роботи складів, ремонту техніки та забезпечення військ на передовій.

Використання безпілотних технологій: Тестування та впровадження наземних роботизованих комплексів (наприклад, "Тарган") для транспортування боєприпасів та продуктів харчування в умовах підвищеної небезпеки.

3. Модернізація інфраструктури

Процес включає не лише техніку, а й інфраструктуру, яка її обслуговує:

Модернізація складів: Оновлення обладнання та процесів на складах зберігання матеріально-технічних засобів для інтеграції з автоматизованими системами управління.

Системи маркування пального: Впровадження системи маркування пального (наприклад, додавання фарбників) для ідентифікації та відстеження пального, закупленого виключно для потреб ЗСУ.

4. Кадрова підготовка

Нова техніка та системи вимагають фахівців з відповідною кваліфікацією:

Навчання персоналу: Проведення навчань та адаптація освітніх програм для підготовки військових фахівців, здатних працювати з новими автоматизованими системами (як-от SAP) та обслуговувати сучасні зразки техніки.

Підготовка за стандартами НАТО: Освітньо-професійні програми зорієнтовані на формування фахівців, які володіють комплексним підходом до організації логістичного забезпечення за стандартами НАТО.

5. Комбіноване фінансування та міжнародна допомога

Процес переоснащення вимагає значних фінансових впливань. Варто використовувати комплексний підхід, що включає:

Державне оборонне замовлення (ДОЗ) з акцентом на вітчизняні аналоги.

Міжнародну технічну допомогу та гранти для закупівлі спеціалізованої техніки.

Залучення лізингових або кредитних програм для швидкого поповнення парку.

Висновок: Значна частина технічного парку Держспецтрансслужби є **морально та фізично застарілою**, часто представлена зразками радянського виробництва або старих модифікацій. Це призводить до високих експлуатаційних витрат, низької надійності та невідповідності сучасним вимогам швидкості та якості відновлювальних робіт. Переоснащення є **стратегічним імперативом**, а не просто бажаною модернізацією. Ефективність ДССТ, зокрема, у **відновленні залізничних колій, мостів та інших критичних об'єктів** під обстрілами або після руйнувань, безпосередньо залежить від наявності сучасної, високопродуктивної та захищеної інженерної техніки.

Потреби Держспецтрансслужби виходять за рамки звичайної військової логістики. Існує гостра потреба у вузькоспеціалізованій техніці:

Високопродуктивні колійні машини (колієукладачі, виправні машини).

Сучасні мостобудівні комплекси та механізовані мости.

Інженерні машини розмінування для швидкого очищення транспортних шляхів.

Важка землерийна та вантажопідйомна техніка підвищеної прохідності.

Переоснащення має відбуватися з акцентом на **уніфікації** нового парку, переважно за **стандартами НАТО**. Це спростить логістику (запасні частини, пальне), обслуговування, ремонт. Ефективне переоснащення ДССТ – це **інвестиція у стійкість національної транспортної системи**. Це має бути **пріоритетна державна програма**, що забезпечить Службі здатність швидко реагувати на виклики, які несе війна, та стати основою для повоєнної інфраструктурної відбудови.

Список використаних джерел

1. Закон України «Про Державну спеціальну службу транспорту» (для визначення основних завдань Держспецтрансслужби).
2. Наказ Міністерства оборони України № 19 від 19.01.2022 «Про затвердження Основних напрямів розвитку Державної спеціальної служби транспорту до 2026 року».
3. Логістика на залізничному транспорті: Навч. посібник / С. В. Панченко, О. Г. Дейнека, О. В. Дикань та ін. – Харків: УкрДУЗТ, 2019. – 263 с.,

УДК 355.01:656.2-049.5

ЗАКОНОДАВЧІ ТА ІНЖЕНЕРНІ АСПЕКТИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТРАНСПОРТНОЇ БЕЗПЕКИ ТА СТІЙКОСТІ ЛОГІСТИЧНИХ ЛАНЦЮГІВ

Сушко С.В. аспірант *Український державний університет науки і технологій*, s.w.sushko@gmail.com, **Назаров О.А.** к.т.н., доцент, *Український державний університет науки і технологій*, o.a.nazarov@ust.edu.ua

Постановка проблеми

В умовах повномасштабних бойових дій, одним з найбільших завдань України є забезпечення транспортної безпеки та стійкості логістичних ланцюгів в умовах воєнних ризиків. При цьому важливу роль відіграє саме залізничний транспорт. Так, залізничний транспорт забезпечує перевезення вантажів та контингенту в інтересах Збройних Сил України та інших збройних формувань, забезпечує функціонування економіки (у тому числі, перевозить експортні та імпорتنі вантажі), забезпечує евакуацію населення та промислових підприємств [1].

До того ж об'єкти залізничної інфраструктури та рухомий склад являють собою цілі для атак з боку Російської Федерації [2], а також є об'єктом для значної кількості різного роду диверсій [3].

За таких умов виникає питання забезпечення стійкості залізничної інфраструктури по відношенню до загроз, які виникають в умовах воєнних ризиків.

Мета дослідження

Метою даного дослідження є визначення шляхів можливого швидкого відновлення залізничної інфраструктури, після атак. При цьому, автори свідомо уникають питань збільшення фізичної та технічної охорони залізничної інфраструктури, збільшення запасів матеріальних засобів та рухомого складу. Розглядаються лише організаційно-технологічні, а також інженерні аспекти, які дозволять збільшити витривалість залізничної інфраструктури до атак, та пришвидшити спроможність її якнайшвидшого відновлення. Метою є дослідження можливих варіантів збільшення транспортної безпеки на залізниці та стійкості залізничних перевезень.

Результати дослідження

Перш за все, варто відзначити, що Закон України «Про функціонування єдиної транспортної системи України в особливий період» регулює функціонування транспортної системи України в умовах особливого періоду (тобто, в період, що настає з моменту оголошення рішення про мобілізацію/введення воєнного стану). При цьому, ст. 1 Закону встановлює, що єдину транспортну систему України в особливий період складають транспорт та транспортна інфраструктура незалежно від форм власності, крім тих, що належать або передані Збройним Силам України та іншим військовим формуванням відповідно до мобілізаційних завдань. Своєю чергою, ст. 2 встановлює, що основними завданнями єдиної транспортної системи України в особливий період є, у тому числі: технічне прикриття та відбудова найважливіших об'єктів і споруд оборонного значення; виробництво промислової продукції військового та загального призначення, необхідної для функціонування транспорту [4]. Тобто, під час воєнного стану всі підприємства та організації не залежно від форми власності мають забезпечувати функціонування єдиної транспортної системи України (до якої входить і залізничний транспорт) в особливий період. Технічним прикриттям є комплекс організаційних та інженерно-технічних заходів, що здійснюються для забезпечення безперебійної та стабільної роботи [5].

Державна спеціальна служба транспорту призначена для забезпечення стійкого функціонування транспорту, одною з основних задач якої є технічне прикриття на визначених об'єктах національної транспортної системи України [6]. Таким чином, саме Держспецтрансслужба є державним органом, який в особливий період має забезпечувати, у взаємодії з іншими підприємствами та організаціями, технічне прикриття найважливіших об'єктів залізничного транспорту України.

З урахуванням наведеного, існує необхідність розробки спеціальних нормативно-правових актів, які б врегулювали питання військово-цивільного співробітництва Держспецтрансслужби, яке має стосуватись технічного прикриття найбільш критичних об'єктів залізничної інфраструктури, таких як припортові та прикордонні станції, залізничні мости, тягові електропідстанції, локомотивні та вагонні депо та інше.

Законодавче врегулювання питань військово-цивільного співробітництва, які стосуються технічного прикриття є важливим, оскільки, авторами не було знайдено жодних, публічно доступних нормативно-правових актів, які б детально врегульовували це питання. При цьому, залучення цивільних організацій та підприємств, очевидно надасть додаткові матеріальні та

людські ресурси, які необхідні для більш швидкого відновлення пошкодженої залізничної інфраструктури. Своєю чергою, організації та підприємства, які залучаються до військово-цивільного співробітництва можуть отримувати свою винагороду за це, наприклад: оплата виконаних робіт, визнання підприємств критично важливими та інше. Всі ці питання потребують нормативно-правового регулювання, та встановлення чітких та прозорих правил взаємодії.

Також, існує нагальна необхідність в законодавчому врегулюванні питань, пов'язаних з приватним рухомим складом на мережі залізниць України. Так, наразі представники приватних операторів парку вантажних вагонів зазначають про наявність перешкод для їх доступу до ринку вантажних перевезень [7]. Також є питання, які пов'язані з ринком приватних локомотивів та їх допуском на мережу Укрзалізниці [8].

Варто відзначити, що збільшення інтересу приватних компаній до ринку тягового і вантажного рухомого складу дозволить збільшити саму кількість наявних локомотивів та вантажних вагонів на мережі залізниць України. Це має збільшити можливості для відновлення залізничної інфраструктури після атак на неї і тим самим збільшити транспортну безпеку, оскільки проблематика зменшення робочого парку локомотивів та вагонів може бути вирішена саме шляхом залучення приватних операторів [9], а це забезпечить стійкість залізничної логістики.

Що стосується інженерних аспектів, які пов'язані з транспортною безпекою та стійкістю логістичних маршрутів, то тут є доволі специфічна проблематика.

З одного боку, структури та країни Європейського Союзу системно виділяють кошти для ремонту та оновлення залізничної інфраструктури України [10]. Наведене у поєднанні з Європейською інтеграцією України викликає питання уніфікації ширини залізничної колії в Україні (1520 мм) та ЄС (1435 мм) [1]. Уніфікація дозволить, наприклад, закуповувати елементи залізничної колії в європейських країнах, та уніфікує рухомий склад, що спростить як питання відновлення залізниць після атак, так і усуне питання пов'язані з необхідністю перестановки візків різної ширини колії під вагони.

З іншого боку, це питання не є однозначним – оскільки габарити як рухомого складу так і наближення споруд на Укрзалізниці менш жорсткі ніж на залізницях країн ЄС. Тобто більшість типів вітчизняних вантажних вагонів не зможуть вільно пересуватися залізницями країн ЄС навіть після заміни візків під колію 1435 мм.

За таких умов, доцільність переходу залізниць України на європейську ширину колій в умовах воєнного стану потребує подальших технічних та економічних досліджень більш широкого формату.

Висновки

Отже, з метою забезпечення транспортної безпеки та стійкості логістичних ланцюгів в умовах воєнних ризиків існує необхідність в законодавчому встановленні питань військово-цивільного співробітництва, а також законодавчого врегулювання доступу приватних операторів як вантажного, так і тягового рухомого складу до залізничних перевезень, та збільшення заінтересованості приватних компаній в купівлі рухомого складу.

Разом з тим, існує необхідність в економічних та технічних дослідженнях, які пов'язані з уніфікацією ширини залізничної колії в Україні та в Європейському союзі.

Список використаних джерел

1. Бєлашов Є. Модернізація залізничної інфраструктури як чинник підтримки національної економіки в умовах війни на виснаження. Національний інститут стратегічних досліджень. URL: <https://niss.gov.ua/doslidzhennya/ekonomika/modernizatsiya-zaliznychnoyi-infrastruktury-yak-chynnyk-pidtrymky>.

2. О'Донogh'ю Г. Битва за залізницю. Як Росія намагається зупинити потяги. BBC News Україна. URL: <https://www.bbc.com/ukrainian/articles/c205g7v610yo>.

3. Долженко К. На Одещині затримали диверсантів — яке у них було завдання. URL: <https://odesa.novyny.live/na-odeshchini-zatrimali-diversantiv-iake-u-nikh-bulo-zavdannia-287197.html>.

4. Закон України "Про функціонування єдиної транспортної системи України в особливий період" : від 20.10.1998, № 194-ХІV : станом на 23.04.2021. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/194-14#Text>.

5. Звід відомостей, що становлять державну таємницю : Наказ, Служба безпеки України від 23.12.2020, № 383 : станом на 12.09.2025. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0052-21#Text>.

6. Положення про Державну спеціальну службу транспорту : від 06.08.2004, : станом на 04.02.2019. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/873/2004#Text>.

7. Бистрицька О. Залізничні вантажні перевезення під час війни: 5 актуальних питань від бізнесу. Центр транспортних стратегій. 21.09.2023. URL: https://cfts.org.ua/articles/zaliznichni_vantazhni_perevezennya_pid_chas_viyini_5_aktualnikh_pitan_vid_biznesu_1993.

8. УЛБК пропонує повернутися до експерименту з приватною локомотивною тягою. Центр транспортних стратегій. 20.02.2024. URL: https://cfts.org.ua/news/2024/02/20/ulbk_proponue_povernutisya_do_eksperimentu_z_privatnoy_u_lokomotivnoy_tyagoyu_78247.

УДК 355.424.4

ВИКОРИСТАННЯ ГЛАДКОСТВОЛЬНОЇ ЗБРОЇ ДЛЯ НАВЧАННЯ ОСОБОВОГО СКЛАДУ ПРОТИДІЇ FPV ДРОНАМ

А.О. Хоменко¹; А.О. Булгаков²;

¹ *Кафедра військової підготовки спеціалістів Державної спеціальної служби транспорту Українського державного університету науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, a.o.khomenko@ust.edu.ua*

² *Кафедра військової підготовки спеціалістів Державної спеціальної служби транспорту Українського державного університету науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, a.o.bulgakov@ust.edu.ua*

Постановка проблеми. Враховуючи сучасні виклики на полі бою які диктують масове застосування противником засобів безпілотних систем, а саме FPV-дронами, гостро постає питання щодо підготовки особового складу всіх категорій (бойовий склад, особовий склад водіїв та логістики) теоретичної та практичної підготовки щодо протидії та знищенні таких цілей [1, 2].

Мета дослідження. Дослідження проводилось з метою визначення дієвих механізмів боротьби та знищення FPV-дронів з використанням шротових пострілів зі стрілецької зброї [3].

Результати дослідження.

Найбільш економічно вигідним та практично корисним комплексом підготовки особового складу можливо розглянути пристрої для стендової стрільби (механічний або автоматичний станок для практичної підготовки мисливців який запускає по різних траєкторіям стендові

стрілецькі тарілочки), вони можуть використовуватися для навчання особового складу протидії FPV-дронам, імітуючи швидкість та складність польоту цих загроз, оскільки на політ тарілочки впливає кут підкидання тарілочки, зустрічний (попутний) вітер, його поривчастий характер та можливість розміщення станка для підкидання тарілочок з різних сторін імітуючи налітаючу та відлітаючу ціль. Навчання дозволяє бійцям отримати практичний досвід знищення літаючих цілей, відчувати зброю та навчитися прогнозувати траєкторію польоту "ворожих дронів" та вести вогонь використовуючи м'язову пам'ять (стрільба на вскид) для їх ефективного знищення, що дозволяє напрацювати комплекс механізмів які дозволяють швидко та ефективно знищувати такі цілі.

Механіка вправи що пропонується (розглядається):

Імітація цілей:

Спеціальні глиняні тарілки для стендової стрільби, що рухаються зі швидкістю близько 70-90 км/год, слугують умовними мішенями (дронів), які максимально правдоподібно здійснюють рух та змінюють свою траєкторію.

Практичні навички які прогнозується здобути:

Особовий склад вчиться спрямовувати вогонь та визначати правильну траєкторію для влучання в цілі, що швидко рухаються. Оскільки швидкість руху шроту (мисливського набою) складає близько 400 м/с, та має різну вагу заряду, від 28 г (спортивні) до 40 г (підсилені) та розрізняються за типом (контейнерні та безконтейнерні). Враховуючи значну різницю початкової швидкості снаряду, відмінну від звичної для військовослужбовці, має сенс саме практична складова у чіткій взаємодії з теорією, адже балістичні відмінності мисливських та військових набоїв дуже суттєві.

Відмінності теорії та практики:

Тренування допомагають бійцям зрозуміти тонкощі ведення вогню та навчитися ефективно протидіяти реальним FPV-дронам на полі бою враховуючи поправки на відстань які залежать від

ваги заряду порошу, ваги самого шроту та осипу шроту (в контейнері та без) так і впливу вітру на політ цілі та балістичні нюанси осипу шроту.

Висновки.

FPV-дрони є однією з головних загроз для особового складу на сучасному полі бою. Боротьба проти них не може бути 100 відсотковою, але її ефективність можна досягнути лише у комплексі, а саме:

- використання групових комплексів та засобів РЕБ;
- використання індивідуальних засобів РЕБ та РЕБ (окопні);
- використання різноманітних фізичних перешкод вільному польоту FPV-дронів (куші, сітки) [3];
- уміле володіння стрілецькою зброєю з використанням мисливських набоїв.

Саме тому необхідно розвивати ефективні методи протидії цим загрозам шляхом спеціалізованих тренувань особового складу стрільби з мисливської стрілецької зброї, та ефективно підбирати мисливські набої для знищення цілей.

Список використаних джерел

1. КНИГА ВОРОГА, ВОРОЖОЮ МОВОЮ Види дронів. Устройство. Сборка. — Київ: вид. дім «СВАРОГ», 2024. — 106 с.
2. FPV дрони: вичерпний посібник видання 01.03.2023. URL: <https://firtka.if.ua/blog/view/fpv-droni-vicherpnii-posibnik>
3. Протидія FPV-дронам: системний підхід та створення спеціалізованих підрозділів. URL: <https://boryviter.org.ua/articles/protydiya-vorozhym-fpv-dronam/>

ПРО ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ТА СТІЙКОСТІ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ І ЛОГІСТИЧНИХ ЛАНЦЮГІВ В УМОВАХ ВОЄННИХ ЗАГРОЗ

Приймак М.В. ², викладач, **Богомаз В.М.** ¹, доц.;

Кафедра військової підготовки спеціалістів Державної спеціальної служби транспорту
Українського державного університету науки і технологій

¹m.v.pryimak@ust.edu.ua, ²v.m.bohomaz@ust.edu.ua

Постановка проблеми. В умовах воєнних загроз автомобільний транспорт та логістичні ланцюги України стикаються з серйозними викликами: зруйновані дороги і мости [2, 3], погіршення технічного стану автомобільної техніки [1, 4], перебоями у перевезеннях критично важливих вантажів [6, 7]. Це створює високі ризики для безпеки транспортних процесів і порушує стійкість логістичних систем [5, 9]. Забезпечення ефективної та безпечної роботи автомобільного транспорту в таких умовах вимагає комплексного підходу, який поєднує інноваційні технології контролю та моніторингу техніки, підготовку кваліфікованого персоналу. Таким чином, проблема полягає у забезпеченні транспортної безпеки та стійкості логістичних ланцюгів в умовах воєнних ризиків із врахуванням технічних, економічних та людських аспектів [1, 5].

Мета дослідження. Мета дослідження полягає у аналізі та розробці комплексних заходів для забезпечення безпеки та стійкості автомобільного транспорту [4] та логістичних ланцюгів в умовах воєнних загроз, з урахуванням технічного стану автомобільної техніки, інноваційних технологій моніторингу [10], підготовки людського ресурсу [1, 5].

Результат дослідження. Встановлено, що стійкість логістичних ланцюгів значною мірою залежить від технічного стану автомобільної техніки [1, 4] та впровадження сучасних систем контролю і моніторингу [10, 4]. Застосування навігаційного обладнання та GPS-моніторингу дозволяє відстежувати переміщення техніки у реальному часі, оперативно реагувати на зміни маршруту та підвищувати безпеку перевезень. Професійна підготовка водіїв [1, 5] та техніків підвищує ефективність і безпеку перевезень у кризових умовах. Комплексний підхід, який поєднує інноваційні технології, системи моніторингу та відеоспостереження разом із підготовкою персоналу, забезпечує оперативне реагування на ризики [1, 4, 5] та підтримку стійкості логістичних процесів. Важливу роль також відіграє економічна стабільність автотранспортної галузі [7, 8] та раціональне використання ресурсів, що дозволяє забезпечити безперервність перевезень і підвищити надійність транспортних ланцюгів.

Порівняльна таблиця: фактори впливу на безпеку і стійкість автомобільного транспорту

Фактор	Вплив на безпеку транспорту	Вплив на стійкість логістики	Заходи протидії
Руйнування інфраструктури	Ускладнення руху, ризик аварій	Затримки постачань, втрата маршрутів	Відновлення шляхів, створення резервних маршрутів
Дефіцит палива	Зниження мобільності транспорту	Обмеження логістичних можливостей	Створення запасів, альтернативне паливо
Втрати техніки	Зменшення транспорте	Порушення логістичного ланцюга	Використання мобільних ремонтних майстерень

Для забезпечення безпеки та стійкості автомобільного транспорту застосовано комплекс технологій, який дозволяє відстежувати автомобіль, контролювати його технічний стан, маршрут, швидкість, витрату палива та інші параметри дистанційно.

У практичному застосуванні це включає: GPS-моніторинг руху транспортних засобів; системи контролю технічного стану двигуна, гальм та інших вузлів; передавання даних на сервер або мобільний додаток для чергової служби; можливість автоматичного формування звітів та сповіщень про несправності. Застосування такого комплексу технологій допомагає підвищити безпеку та ефективність автомобільного транспорту та логістики, особливо в умовах воєнних ризиків.



Висновок. Безпека та стійкість автомобільного транспорту в умовах воєнних загроз залежать від технічної готовності, організаційної гнучкості та інформаційної захищеності[1, 4, 5].

Для їх підвищення застосовано комплекс технологій, який дозволяє відстежувати автомобіль, контролювати його технічний стан, маршрут, швидкість, витрату палива та інші параметри дистанційно. Такий інтегрований підхід забезпечує ефективне функціонування транспортно-логістичної системи навіть в умовах збройних конфліктів[3, 9].

Список використаних джерел

1. Богомаз В.М., Приймак М.В. **Безпека та стійкість автомобільного транспорту в умовах воєнних загроз.** – Київ: УДУНТ, 2024. – 72 с.

2. Державна служба України з безпеки на транспорті. **Методичні рекомендації з організації автомобільних перевезень в умовах надзвичайних ситуацій.** – Київ, 2023. – 45 с.

1. Головне управління логістики Збройних Сил України. **Логістичні операції в умовах воєнного стану.** – Київ, 2022. – 60 с.

2. Іваненко С.О. **Системи GPS-моніторингу та контролю технічного стану транспортних засобів.** – Харків: ХНТУ, 2021. – 88 с.

3. Кравченко П.М., Литвиненко О.В. **Організація транспортних потоків та безпека перевезень в кризових умовах.** – Львів: Львівська політехніка, 2020. – 96 с.

4. Закон України «Про дорожній рух» // Відомості Верховної Ради України. – 2022. – № 45.

5. Мельник В.В. **Логістика в умовах надзвичайних ситуацій та воєнних конфліктів.** – Київ: Науковий світ, 2021. – 104 с.

6. Національна транспортна стратегія України на 2021–2030 рр. – Київ, 2021. – 68 с.

7. Ткаченко І.С. Моделі забезпечення стійкості логістичних ланцюгів при ризиках воєнного часу. – Харків: ХНТУ, 2022. – 79 с.

8. Черненко О.О. Інформаційні технології контролю та моніторингу в автомобільному транспорті. – Дніпро: ДНУ, 2020. – 85 с.

УДК 656.073.53

ПЕРСПЕКТИВИ ДІЯЛЬНОСТІ ТРАНСПОРТНО-ЕКСПЕДИТОРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ В УМОВАХ ВІЙНИ

Лебідь І.Г.¹, к. т. н., проф.; Компанієць Є.В.², аспірант; Тарасенко Д.К.³, студентка
Національний транспортний університет

¹ i.h.lebed@gmail.com, ² kevgen12345@gmail.com, ³ dtarassenko935@gmail.com,

Постановка проблеми. Сучасний ринок транспортно-експедиторських послуг України є важливим та ключовим елементом національної економіки, який забезпечує і підтримує ефективне переміщення товарів як всередині країни, так і в міжнародному сполученні. Попри складні економічні та політичні умови, галузь продовжує розвиватися та адаптується до нових викликів. Тому, доцільним є вивчення ключових аспектів роботи транспортно-експедиторських підприємств в кризових умовах.

Мета дослідження. Метою даного дослідження є вивчення сучасного стану ринку транспортно-експедиторських послуг, а також можливостей та загроз у діяльності.

Результати дослідження. Ринок експедиторських послуг в Україні перебуває на стадії пошуків альтернативних рішень для доставки товарів, так як є сильний негативний вплив бойових дій, а саме ушкодження інфраструктури та часткова втрата доступу до морських портів, з початку повномасштабного вторгнення через закриття повітряного простору в Україні не здійснюються авіаційні перевезення. В Україні діє велика кількість транспортно-експедиторських підприємств різного масштабу – від невеликих приватних організацій до потужних логістичних операторів. Вони забезпечують повний комплекс послуг: організацію перевезень, страхування

вантажу, митне оформлення, зберігання та консультування клієнтів з моменту взяття в роботу до факту доставки товару вантажоодержувачу.

Після початку повномасштабної війни ринок зазнав значних змін. Частина транспортної інфраструктури (порти, склади, шляхи сполучення) були пошкоджені або зовсім знищені, однак підприємства швидко адаптувалися до нових вимушених умов — почали розвивати **альтернативні маршрути через західні кордони**; активно використовують залізничний та автомобільний транспорт. Збільшився попит на **мультимодальні перевезення**, які поєднують різні види транспорту. Основні переваги діяльності транспортно-експедиторських підприємств полягають у наступних аспектах: гнучкість та адаптивність (українські експедитори дуже швидко реагують на зміни ринку тому шукають нові маршрути та партнерів); зростаючий попит на логістичні послуги (після зміни торговельних напрямів на захід збільшився попит на транспортно-експедиторські компанії, які здатні працювати з ЄС); розвиток цифрових технологій (більшість підприємств впроваджують системи моніторингу, електронного документообігу та відстеження вантажів у реальному часі); інтеграції до європейського ринку (Угода про асоціацію з ЄС та нові можливості для українських експедиторів). Недоліками та проблемами галузі є: пошкоджена транспортна інфраструктура (руйнування портів, мостів, доріг та залізничних вузлів, закриття повітряного простору збільшують вартість і тривалість перевезень); висока собівартість послуг (з дорожчанням палива, страхових платежів та простої на кордонах, експедитори змушені підвищувати вартість своїх послуг); фрагментованість ринку (більшість підприємств не мають ресурсів для впровадження сучасних технологій чи оновлення автопарку); регуляторні труднощі (часті зміни у митному та транспортному законодавстві ускладнюють та призупиняють стабільну діяльність підприємств); недостатня цифровізація (не всі підприємства мають можливість застосовувати сучасні моніторингові технології та системи управління ланцюгом постачання або електронні сервіси для клієнтів).

З початку повномасштабної війни транспортна система України зазнала суттєвих руйнувань, проте галузь проявила високу адаптивність до нових умов. Незважаючи на втрату морських портів на Чорному морі, українські транспортно-експедиторські підприємства зосередили увагу на залізничних, автомобільних та морських перевезеннях, а також логістичні маршрути через Польщу, Румунію, Словаччину та Угорщину.

Українські транспортно-експедиторські підприємства мають і певні можливості, які сприяють розвитку та масштабуванню їх діяльності:

1. Інтеграція з європейською транспортною системою. Після підписання угоди про «транспортний безвіз» між Україною та ЄС було спрощено доступ українських перевізників до ринку Євросоюзу. Це створює умови для розширення діяльності експедиторів на міжнародному рівні.

2. Відновлення інфраструктури після війни. Програми по відбудові країни передбачають інвестиції у дороги, мости, термінали, порти та залізничні вузли, які суттєво покращать логістичні можливості для України.

3. Розвиток мультимодальних перевезень. Поєднання кількох видів транспорту дозволить скоротити час та вартість доставки вантажу.

4. Цифровізація та автоматизація логістичних процесів. Впровадження систем управління транспортом, електронного документів, GPS-контролю, відстеження вантажів у реальному часі підвищує ефективність і прозорість галузі.

Основні загрози, що мають вплив на виконання бізнес-процесів транспортно-експедиторських підприємств: 1. Тривала війна та ризики безпеки. Постійні обстріли транспортної інфраструктури, обмеження руху через певні міста ускладнюють і сповільнюють стабільну діяльність експедиторів. 2. Підвищення вартості перевезень. Через збільшення цін на паливо, страхові ризики та затримки на кордонах, собівартість логістичних операцій зростає. 3. Нестача кадрів та технічних ресурсів. Звільнення і виїзд фахівців за кордон та старіння транспортного парку, сповільнюють розвиток галузі. 4. Регуляторна нестабільність. Часті зміни у законодавстві та податковій політиці, ускладнюють довгострокове планування діяльності експедиторів. 5. Конкуренція з міжнародними логістичними операторами. Великі європейські компанії мають більше ресурсів (сучасні технології та налагоджені мережі), через що створюється тиск на українські підприємства.

Висновки. Ринок транспортно-експедиторських послуг України залишається динамічним і перспективним, хоча він працює в умовах високих ризиків через повномасштабне вторгнення. Попит на послуги зростає, а разом із ним зростає конкуренція. Найбільш успішними стають підприємства, які поєднують в собі важливі переваги на ринку: гнучкість, технологічність і надійність. Поступова інтеграція України до європейського транспортного простору, створює нові можливості для розвитку логістики, а відбудова інфраструктури після війни стане потужним стимулом для зростання цієї галузі.

Список використаних джерел

1. Лебідь І. Г., Лужанська Н.О., Лебідь Є.М. Моделювання діяльності транспортно-експедиторського підприємства при виконанні міжнародних автомобільних перевезень. Збірник наукових праць Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна «Транспортні системи та технології перевезень». 2023. Вип. 26 С. 76–84.

УДК 656.073.53

РОЛЬ ВАНТАЖНИХ МИТНИХ КОМПЛЕКСІВ У ФОРМУВАННІ ЛОГІСТИЧНИХ ЛАНЦЮГІВ В УМОВАХ ЗАГРОЗ

Лебідь Є.М.¹, к. т. н., доц.; Лужанська Н.О.², к. т. н., доц.

Національний транспортний університет

¹ eugene.lebed@gmail.com, ² natali.luzhanska@gmail.com

Постановка проблеми. Ефективність роботи об'єктів митної інфраструктури визначається рівнем попиту на їх послуги серед замовників та сприяння розвитку міжнародної торгівлі шляхом оптимізації вартісних, часових та якісних показників надання митно-логістичних послуг. При організації зовнішньоторговельних операцій все частіше залучаються вантажні митні комплекси

(ВМК), які за своїм рівнем технічного, технологічного та організаційного забезпечення дозволяють забезпечити замовника широким спектром митно-логістичних послуг. Проте, сучасна практика організації логістичних ланцюгів свідчить про тяжіння серед замовників до залучення вузькопрофільних організацій при доставці товарів у міжнародному сполученні. В результаті, узгодженість дій між значною кількістю ланок логістичного ланцюга є досить низькою і потребує додаткового часу на комунікацію при співпраці.

Мета дослідження. Метою даного дослідження є обґрунтування переваг та недоліків залучення вантажних митних комплексів як ланки логістичного ланцюга при виконанні експортних та імпорتنих операцій в умовах загроз.

Результати дослідження. Питання безпеки при виконанні зовнішньоторговельних операцій є одним із ключових при налагодженні партнерських зв'язків з іноземними партнерами. Експортери, імпортери, посередницькі організації та суб'єкти ринку транспортних послуг здійснюють постійний моніторинг безпекової ситуації в країні при плануванні маршрутів доставки та організації роботи усіх ланок логістичного ланцюга. Ключовим об'єктом інфраструктури в Україні, який забезпечує експортерів та імпортерів повним переліком митно-логістичних послуг при виконанні зовнішньоторговельних операцій є ВМК. До техніко-експлуатаційних показників функціонування ВМК належать: час комплексного обслуговування об'єкту переміщення; тривалість митного оформлення та митного контролю; площа митного складу; площа складу тимчасового зберігання; забезпечення технічними засобами митного контролю; кількість місць для стоянки транспортних засобів, що прибули на обслуговування; кількість місць розміщення транспортних засобів у зоні митного контролю для накладення митного забезпечення та проведення поглибленого огляду; вартість послуг вантажного митного комплексу; наявність додаткових послуг з комплектації вантажів.

Чинники, що впливають на формування попиту на митно-логістичні послуги ВМК: регіональні обсяги зовнішньої торгівлі товарами, експорт; регіональні обсяги зовнішньої торгівлі товарами, імпорт; експорт товарів за кількістю найманих працівників у розрізі регіонів; імпорт товарів суб'єктами господарювання за кількістю найманих працівників у розрізі регіонів; експорт товарів за кількістю найманих працівників у розрізі регіонів; імпорт товарів суб'єктами господарювання за кількістю найманих працівників у розрізі регіонів; кількість активних підприємств за регіонами України та видами економічної діяльності; транспорт, складське господарство, поштова та кур'єрська діяльність; валовий регіональний продукт; кількість суб'єктів господарювання за регіонами; кількість зайнятих працівників на суб'єктах господарювання за регіонами; регіональна структура обороту роздрібною торгівлі; капітальні інвестиції за регіонами; регіональна структура роздрібного товарообороту підприємств роздрібною торгівлі; обсяг реалізованої промислової продукції по регіонах; обсяг реалізованої продукції (робіт, послуг) суб'єктів господарювання за регіонами [1].

Перевагами ВМК при організації зовнішньоторговельних операцій є: скорочення часу митного оформлення, завдяки присутності митних інспекторів на території об'єкту; зручне розташування – переважна більшість ВМК розміщена в безпосередній близькості до міжнародних транспортних коридорів і пунктів перетину кордонів, що сприяє оптимізації логістичних процесів та зниженню витрат, пов'язаних із перевезенням; надання послуг в межах одного об'єкта

інфраструктури дає можливість мінімізації ризиків співпраці з ненадійними суб'єктами ринку транспортних послуг; підвищення рівня довіри з боку іноземних контрагентів щодо правомірності дій та якості надання митно-логістичних послуг; підвищення рівня безпеки товарів на всіх етапах зовнішньоторговельної операції. Серед недоліків у співпраці з ВМК слід виділити наступні аспекти: за рахунок високих витрат на облаштування та утримання об'єкту інфраструктури вартість обслуговування може бути дещо вищою за середні ринкові показники; різні показники ефективності надання митно-логістичних послуг в залежності від рівня завантаженості окремого ВМК.

Суттєвих змін у роботі ВМК як для власників об'єкту інфраструктури, так і замовників послуг можливо досягнути шляхом впровадження технологій штучного інтелекту у їх діяльність. Інтеграція таких сучасних рішень здатна суттєво змінити характер роботи ВМК, забезпечуючи значні переваги на кожному етапі їх функціонування. Для власників вантажних митних комплексів впровадження систем штучного інтелекту створює низку перспектив. Насамперед, це веде до значного зростання продуктивності робочих процесів завдяки автоматизації рутинних завдань і стандартних процедур. Додатковою перевагою є суттєве скорочення операційних витрат, оскільки зменшується залежність від людського фактору та ручних операцій, що часто є більш затратними з точки зору ресурсів. Оптимізація використання внутрішніх ресурсів стає ще одним важливим аспектом, охоплюючи ефективніше управління персоналом, скорочення необхідної площі приміщень для роботи та економію часу на виконання завдань. Усе це разом сприяє покращенню фінансової ефективності підприємства, розширюючи його можливості конкурувати на сучасному ринку.

Замовникам послуг ВМК нововведення також приносить численні вигоди. Наприклад, впровадження штучного інтелекту дозволяє значно скоротити час, потрібний для оформлення документів та обробки вантажів, що особливо важливо в умовах високої динаміки сучасних логістичних операцій. Це сприяє підвищенню рівня прозорості та точності виконання процедур, гарантує ідентифікацію та своєчасне реагування на можливі неточності. Завдяки покращеним системам контролю ризик втрати чи пошкодження вантажу суттєво мінімізується, що забезпечує більш високу ефективність збереження товарів клієнтів. Крім того, істотно поліпшується якість обслуговування, додаючи рівень довіри до послуг оператора і зміцнюючи репутацію підприємства. Таким чином, впровадження технологій штучного інтелекту не лише трансформує організаційну модель ВМК, але й створює комплекс взаємопов'язаних переваг для всіх учасників логістичного процесу [2].

Висновки. Залучення ВМК в якості ланки логістичного ланцюга дозволить усім учасникам зовнішньоторговельної операції досягнути скорочення тривалості виконання робіт, забезпечити високий рівень управління і координації дій між ланками логістичного ланцюга, а також підвищить рівень надійності та безпеки виконання доставки товару.

Список використаних джерел

1. Лужанська Н.О. Підвищення ефективності діяльності вантажних митних комплексів : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.01. Київ, 2021. 205 с.

2. Лебідь Є.М., Лужанська Н.О., Лебідь І.Г. Обґрунтування вибору логістичного ланцюга для забезпечення ефективності бізнес-процесів при міжнародних перевезеннях. Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки. 2023. Том 34 (73) № 1. С. 268–275. DOI: <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2023.1/41>

УДК 355.5

ВИКОРИСТАННЯ ПРИСТРОЇВ СТЕНДОВОЇ СТРІЛЬБИ ДЛЯ НАВЧАННЯ ОСОБОВОГО СКЛАДУ ПРОТИДІЇ FPV ДРОНАМ

Булгаков А.О.¹; Хоменко А.О.²

¹ *Кафедра військової підготовки спеціалістів Державної спеціальної служби транспорту Українського державного університету науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, a.o.bulgakov@ust.edu.ua*

² *Кафедра військової підготовки спеціалістів Державної спеціальної служби транспорту Українського державного університету науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, a.o.khomenko@ust.edu.ua*

Постановка проблеми. Зміни в озброєнні та тактиці ведення сучасної війни обумовлює широке використання ударних безпілотних літальних апаратів (FPV дронів) для нанесення ураження як живої сили, так і техніки. При цьому все більше використовуються FPV дрони з керуванням по волоконно-оптичним лініям зв'язку, що унеможлиблює їх знешкодження засобами РЕБ [1]. Тому єдиними способами їх знешкодження залишаються механічні, як то збиття самих дронів штатною стрілецькою зброєю, використання помпових або напівавтоматичних (мисливських) рушниць, механічне пошкодження оптоволоконного кабелю [2,3,4]. Але постає проблема в відсутності єдиної загальної методики у підготовці особового складу, командирів підрозділів щодо протидії FPV дронам. В освітньо-професійних програмах підготовки курсантів вищих військових навчальних закладів введені заняття по використанню засобів РЕБ, але загальної комплексної методики протидії ударним безпілотним літальним апаратам немає, відсутня законодавча база по списанню використаних набоїв під час застосування вогнепальної та мисливської зброї та відповідна навчальна матеріальна база.

Мета дослідження. Дослідження проводилось з метою визначення методики навчання особового складу та командирів підрозділів протидії ударним безпілотним літальним апаратам, визначення пристроїв для імітації руху FPV дрону в повітрі, що необхідні для ефективного навчання знешкодженню ударних безпілотних літальних апаратів.

Результати дослідження. Під час досліджень застосовувались пристрої стендової стрільби. Дане обладнання призначене для тренування мисливців та проведення змагань зі стендової стрільби, складається з металевих машин, що запускають тарілки, та системи мішеней різних форм і траєкторій, що імітують дичину. Їхня головна функція – забезпечити реалістичні умови для відпрацювання навичок швидкого реагування та прицілювання стрільців в умовах, наближених до реальних полювань або спортивних виступів. В той же час пристрої стендової стрільби представляють собою реалістичну імітацію руху в повітрі FPV дронів незалежно від способу їхнього керування.

Дослідження відповідності пристроїв стендової стрільби як імітаторів польоту дронів проводилось у відповідності до низки критеріїв. Основними з них були розміри імітатора, швидкість, напрямок руху, економічність та доступність.

1. Розміри. Розміри FPV дронів (рами) варіюються від надмалих пристроїв діаметром 2 дюйми до дуже великих 20 та більше дюймів. Найпоширеніші варіанти – це 7-10 дюймів (18-25 см). Розміри стандартних тарілочок становлять 9-11 см в діаметрі, і таким чином вони повністю забезпечують тренування в якості візуального імітатора ФПВ-дрона.

2. Швидкість. Швидкість FPV дрону складає близько 100 км/год, окремі спеціалізовані дрони досягають 150 км/год і більше. Швидкість імітаторів, що запускаються з металевих машин для стендової стрільби становить 85-105 км/год (в залежності від напрямку та швидкості вітру).

3. Напрямок руху. Під час польоту FPV дрон за командою оператора може різко змінювати напрямок та швидкість руху, що впливає на його ураження стрілецькою та мисливською зброєю. Під час використання пристроїв стендової стрільби цей елемент імітується зміною кута запуску тарілок, а якщо врахувати те, що під час запуску на відкритій місцевості вітер дуже сильно впливає на швидкість та напрямок руху імітатора, то траєкторія його польоту становиться непередбачуваною та такою, що реалістично імітує політ дрона.

4. Економічність та доступність. Для використання пристроїв стендової стрільби як імітаторів потрібно використовувати машинку для метання стендових тарілок та безпосередньо глиняні тарілки, що виступають в якості імітатора дрона. Для проведення навчань треба мати одну або дві машинки для метання тарілочок та тарілки з розрахунку 3-5 одиниць на одного навчаємого. Машинки для метання тарілочок є ручні, механічні та напівавтоматичні з дистанційним керуванням. Під час дослідження виявилось, що найбільш оптимальною та ефективною за сукупністю показників є механічна модель.

Висновки. Для імітації польоту дронів та введення в програми підготовки пропонується використовувати пристрої стендової стрільби з використанням механічного пристрою для метання стендових тарілок, а в якості імітатора дрону стендову тарілку глиняну круглої форми діаметром 9-11 см, що дозволить в реальному часі проводити тренування навчаємих знешкодженню FPV дронів з гладкоствольної зброї в умовах, що максимально наближені до бойових.

Список використаних джерел.

1. Дайджест #2. Спеціальний випуск. Управління безпілотних систем Командування Сухопутних військ Збройних Сил України.-2025.

2. Бірюков О.І., Данилевський А.О. Гладкоствольна вогнепальна зброя як засіб протидії безпілотним літальним апаратам. Збірник наукових праць Національної академії Державної прикордонної служби України. Серія: військові та технічні науки. - 2024. № 2(95).

3. Інформаційний бюлетень “Протидія БПЛА типу FPV із використанням оптиковолоконного каналу зв’язку” (За інформаційно-аналітичними матеріалами створених органів військового управління). Головне управління доктрин та підготовки Генерального штабу Збройних Сил України спільно з Центром оперативних стандартів і методики підготовки Збройних Сил України. – березень 2025.

УДК 624.21

АКТУАЛЬНИЙ СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ УПРАВЛІННЯ МОСТОВИМ ГОСПОДАРСТВОМ УКРАЇНИ

Каськів В.І.¹, к. т. н., доц.; Завгородній С.С.²,
Державне підприємство «Національний інститут розвитку інфраструктури»
(ДП «НІРІ»), м. Київ, Україна

¹ vk@nidi.org.ua, ² serhiy.zavhorodniy@gmail.com

Постановка проблеми. Мостове господарство України є однією з ключових складових транспортної інфраструктури, що забезпечує безперервність перевезень, логістичну стійкість і обороноздатність держави. Унаслідок повномасштабної збройної агресії проти України зруйновано або пошкоджено сотні мостів, тоді як значна частина тих, що залишилися в експлуатації, перебуває у критичному технічному стані через перевищення проєктних строків служби та ряд інших причин. Ситуацію ускладнює обмежене фінансування, дефіцит кваліфікованих кадрів і необхідність поєднання робіт із відбудови, ремонту та утримання. Це зумовлює потребу у формуванні системного підходу до управління мостами, який би поєднував оперативне реагування на руйнування з довгостроковим стратегічним плануванням розвитку галузі.

Мета дослідження. Метою роботи є оцінювання сучасного стану мостового господарства України, визначення ключових викликів його функціонування та формування напрямів удосконалення системи управління мостами з урахуванням воєнних реалій і перспектив післявоєнного відновлення.

Результати дослідження Мостове господарство України характеризується великою різноманітністю типів споруд, умов розташування, проєктних рішень і рівнем зношеності, що формує складну структуру управління. Станом на 2025 рік на автомобільних дорогах державного значення експлуатується понад 5 тис. мостів [1] а разом із місцевими дорогами, комунальною мережею та залізницею їх кількість перевищує 25 тис. одиниць. Близько 80 % з них споруджено до 1980 року, а майже 40 % – у 1950-60-х рр., коли застосовувалися нормативи навантажень, що сьогодні не відповідають параметрам сучасного транспорту. Переважна частина мостів проєктувалася під навантаження класів Н-18, Н-30 або НК-80, тоді як сучасні транспортні засоби мають осеві навантаження, еквівалентні класам А-15 і НК-100. Це зумовлює системне перевищення розрахункових зусиль у конструкціях, прискорене накопичення дефектів і скорочення залишкового ресурсу.

Повномасштабне вторгнення істотно загостило ці проблеми. У 2022-2023 роках зруйновано або пошкоджено понад 350 мостів різних рівнів підпорядкування, а сумарні збитки дорожньої інфраструктури перевищили 36 млрд доларів США. Знищення транспортних коридорів призвело до порушення логістичних ланцюгів, ускладнення постачання гуманітарних і військових вантажів та збільшення навантаження на об'їзні маршрути. У таких умовах ключовим завданням стало забезпечення швидкого відновлення сполучення.

Процес відновлення мостів в Україні після початку повномасштабної збройної агресії набув стратегічного значення, оскільки відновлення транспортних переходів безпосередньо впливає на обороноздатність, гуманітарну логістику та економічну стійкість держави. Основними етапами цього процесу стали обстеження пошкоджених і зруйнованих споруд, розроблення проєктної документації, виконання будівельно-монтажних робіт та введення мостів в експлуатацію. Вибір технологічного підходу залежав від рівня руйнування, доступності конструкцій, наявності фінансування та безпекової ситуації в регіоні.

З початком повномасштабного вторгнення ключову роль відіграли контракти типу «Проектуй–Будуй», які дозволили об'єднати етапи проєктування та будівництва в єдиний процес. Такий формат забезпечив можливість швидкого реагування на надзвичайні обставини, оперативного прийняття рішень без затримок, пов'язаних із повторними погодженнями та експертизами. У межах цих контрактів виконавці могли адаптувати технічні рішення до фактичного стану конструкцій, що виявлявся під час розчищення завалів або демонтажу залишків споруд. Гнучкість підходу дозволила скоротити строки відновлення до мінімуму, особливо на ключових транспортних напрямках, де відновлення сполучення мало вирішальне значення для переміщення військових колон, евакуації населення та доставки гуманітарних вантажів.

Разом із тим, практика показала і певні недоліки підходу «Проектуй–Будуй». Злиття етапів посилює вплив генерального підрядника на прийняття технічних рішень, що за відсутності належного контролю може призвести до вибору не оптимальних матеріалів чи спрощених конструктивних рішень з метою економії. Тому в умовах воєнного часу особливого значення набули незалежний технічний нагляд, залучення експертних груп і аудит вартості робіт. Це забезпечує баланс між швидкістю реалізації проєктів і дотриманням вимог до довговічності та безпеки споруд.

Паралельно із застосуванням контрактів «Проектуй–Будуй» продовжувалися роботи за традиційною схемою, коли проєктна документація розроблялася окремо, проходила експертизу, після чого відбувався тендер на виконання будівельних робіт. Такий підхід залишається актуальним для складних об'єктів і мостів великої протяжності, де необхідні детальні розрахунки, геологічні дослідження та індивідуальні проєктні рішення. Його перевагою є глибше опрацювання технічних аспектів і більша прозорість вибору підрядників, однак тривалість процедури робить його менш придатним для оперативного відновлення сполучень у прифронтових регіонах.

Описані підходи до відновлення зруйнованих та пошкоджених мостів дають змогу оперативно відновлювати транспортні сполучення, проте вони розв'язують переважно тактичні, а не стратегічні завдання. Паралельно із реалізацією конкретних проєктів постає потреба переосмислити саму логіку розвитку мостового господарства. Масове старіння споруд, невідповідність проєктних навантажень сучасним транспортним потокам і зосередження найбільших ризиків на мостах з найменшою вантажопідйомністю вимагають не лише тимчасових рішень, а й формування цілісного механізму планування відновлення галузі. Подібні виклики вже давно постали перед розвиненими країнами, де ще у другій половині XX століття сформувався значний обсяг інфраструктурних споруд із вичерпаним проєктним ресурсом, і їх вирішення відбувалося через довгострокові державні програми модернізації.

Для України це означає об'єктивну необхідність переходу від епізодичних проєктів реконструкції до спеціальної державної програми, зорієнтованої на поетапну заміну та підсилення мостів, що не відповідають чинним вимогам щодо вантажопідйомності та безпеки руху. Такий механізм планування має спиратися на повну інвентаризацію мостів, результати обстежень та випробувань, а також на класифікацію споруд за ступенем відповідності сучасним нормативним параметрам. Ключовою складовою цього підходу є формування прозорої системи пріоритезації, у якій поєднуються показники технічного стану, транспортної значущості, ролі об'єкта в національній та міжнародній логістичних мережах, а також оцінка потенційних ризиків для безпеки руху. В умовах воєнного стану повномасштабна реалізація такої програми обмежена, однак саме зараз доцільно закладати її концептуальні засади, накопичувати дані та готувати інструменти управління, які можуть бути розгорнуті у післявоєнний період.

Міжнародний досвід [2-5] демонструє, що ефективні рішення у цій сфері базуються на добре структурованих державних програмах із чітко визначеними пріоритетами, прозорими правилами розподілу ресурсів і довгостроковими фінансовими зобов'язаннями. Програма інвестицій в інфраструктуру та робочі місця у США та програма модернізації мостів у Німеччині показують [6-9], що масштабне оновлення мостового фонду можливе лише за умови поєднання системного моніторингу, стабільного фінансування та багаторівневої координації між центральними та регіональними органами влади. Для України адаптація цих підходів означатиме побудову власного механізму планування відновлення мостової галузі, в якому результати обстежень, алгоритми пріоритезації, виробничі можливості будівельної галузі та графіки фінансування будуть інтегровані в єдину систему управлінських рішень. Реалізація такої моделі дасть змогу не лише скоротити відкладений обсяг ремонтів, але й забезпечити послідовне оновлення мостової мережі, підвищити рівень безпеки руху, зміцнити обороноздатність та інтегрувати транспортну систему України до європейського інфраструктурного простору.

Висновки. Мостове господарство України переживає критичний період, коли одночасно потрібно відновлювати зруйновані споруди, підтримувати працездатність існуючих і закладати основу для довгострокового розвитку. Запровадження системи управління активами мостів, заснованої на даних обстежень і цифрових технологіях, є ключем до підвищення ефективності галузі. Стратегічна мета полягає у формуванні цілісної, безпечної та стійкої мостової мережі, інтегрованої до європейського транспортного простору.

Список використаних джерел

1. Каськів В. І., Панібратець Л. Г., Степанов С. М., Грінів В. С., Чайковська Л. І. Стан мостового господарства України на дорогах загального користування державного значення на підконтрольних територіях за 2023 рік. Дороги і мости. Київ, 2024. Вип. 29. С. 280–292. DOI: <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2024.29.280>.
2. Matos J. C., Nicoletti V., Casas J. R., Adey B. T. Comparison of condition rating systems for bridges in three European countries. Applied Sciences. 2023. Vol. 13(22). Article 12343. DOI: <https://doi.org/10.3390/app132212343> (дата звернення: 02.10.2025).

3. Lamei A., Hasan M.M., Shaaban S., El-Badawy S., Mostafa T. Development of performance-based deterioration models for bridge components. *Innovative Infrastructure Solutions*. 2025. Vol. 10. Article 25. DOI: <https://doi.org/10.1007/s41062-025-02025-7> (дата звернення: 02.10.2025).

4. de Vries R., Li Y., Casas J.R. Proof load testing method by the American Association of State Highway Officials (AASHTO). *Transportation Research Record*. 2023. Vol. 2677(5). P. 1–12. DOI: <https://doi.org/10.1177/03611981231165026> (дата звернення: 02.10.2025).

5. Gocál J., Odrobiňák J. On the influence of corrosion on the load-carrying capacity of old riveted bridges. *Materials*. 2020. Vol. 13(3). P. 717. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma13030717> (дата звернення: 02.10.2025).

6. American Society of Civil Engineers. Structurally Deficient Bridges — 2021 Infrastructure Report Card. Washington, D.C., 2021. URL: <https://2021.infrastructurereportcard.org/cat-item/bridges-infrastructure> (дата звернення: 02.10.2025).

7. Highways Bridges: Conditions, Funding Programs, and Issues. Congressional Research Service Report R47194. Washington, D. C., 2022. URL: <https://www.congress.gov/crs-product/R47194> (дата звернення: 02.10.2025).

8. Bundesministerium für Digitales und Verkehr. Brückenmodernisierung. Berlin, 2020. URL: <https://www.bmv.de/SharedDocs/DE/Artikel/StB/brueckenmodernisierung.html> (дата звернення: 02.10.2025).

9. Bundesrechnungshof. Langsame Sanierung maroder Bundesfernstraßenbrücken. Bonn, 2021. URL: <https://www.bundesrechnungshof.de/SharedDocs/Downloads/EN/Berichte/brueckenmodernisierung-volltext.pdf> (дата звернення: 02.10.2025).

УДК 65.011.56

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОВОГО БАЛАНСУ ДУГОВОЇ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЇ ПЕЧІ ПРИ ВИПЛАВЦІ ВИСОКОЛЕГОВАНИХ СТАЛЕЙ

Жаданос О.В.¹, Горобець А.П.², Пройдак Ю.С.³, Мацишин В.Г.⁴

Кафедра електрометалургії, Український державний університет науки і технологій, просп. Науки, 4, Дніпро, Україна, 49070.

¹o.v.zhadanos@ust.edu.ua, ORCID 0000-0002-9533-9933;

²gorobets.dnepr@gmail.com, ORCID 0000-0003-1113-0954;

³y.s.proidak@ust.edu.ua, ORCID 0000-0001-7380-055X;

⁴vasiliy.dnepr@gmail.com

ZHADANOS O.V., GOROBETS A.P., PROJDAK Y.S., MATSYSHYN V.G.

Department of electrometallurgy, Ukrainian state university of sciences and technologies, Nauki ave, 4, Dnipro, Ukraine, 49070.

Zhadanos O.V.: e-mail - o.v.zhadanos@ust.edu.ua, ORCID 0000-0002-9533-9933;

Gorobets A.P.: e-mail - gorobets.dnepr@gmail.com, ORCID 0000-0003-1113-0954;

Proidak Y.S.: e-mail - y.s.proidak@ust.edu.ua, ORCID 0000-0001-7380-055X;

Matsyshyn V.G.: e-mail - vasiliy.dnepr@gmail.com

Анотація. Побудована математична модель теплоенергетичних процесів дугової сталеплавильної печі, яка враховує надходження енергії за рахунок електричних дуг, паливно-кисневих пальників, фізико-хімічних реакцій та витрати енергії за рахунок складного теплообміну, а саме: теплової передачі через футерівку печі, через склепіння печі (випромінювання з поверхні розплаву, нагрівання склепіння, що охолоджується водою, та теплопередачі через нього), газів, які відходять. За результатами моделювання отримані статті енергетичного балансу плавки у дуговій сталеплавильній печі з урахуванням наявності легуючих елементів в металевому розплаві та їх оксидів у шлаку.

Постановка проблеми. За даними асоціації чорної металургії та сталі [1] частка електричної енергії в структурі собівартості легованих сталей, виплавлених в дугових сталеплавильних печах в середньому складає 30-35%. Тому розробка електричних режимів роботи, які дозволяють забезпечити скорочення питомих витрат електричної енергії є важливим і актуальним завданням. Першим кроком для цього є розробка математичної моделі теплоенергетичних процесів з метою оцінки статей енергетичного балансу ДСП задля подальшої розробки технологічних рекомендацій для раціонального ведення процесу електроплавки сталі.

Мета дослідження. Метою дослідження є побудова енергетичного балансу дугової сталеплавильної печі на основі математичної моделі теплофізичних процесів.

Результати дослідження. Дугова сталеплавильна піч є складним теплофізичним об'єктом зі змінними станами. Змінність станів моделі обумовлена різною кількістю електричної енергії яка вводиться в ванну печі в залежності від технологічного етапу, зміною коефіцієнту корисної дії електричних дуг, періодами застосування паливно-кисневих пальників, нерівномірним виділенням енергії за рахунок фізико-хімічних реакцій, періодичним введенням шихтових матеріалів [2]. Теплова модель побудована на основі балансових рівнянь, які враховують надходження енергії за рахунок електричних дуг, паливно-кисневих пальників, фізико-хімічних реакцій та витрати енергії за рахунок складного теплообміну, а саме: теплової передачі через футерівку печі, через склепіння печі (випромінювання з поверхні розплаву, нагрівання склепіння, що охолоджується водою, та теплопередачі через нього), газів, які відходять.

Енергія електричних дуг, що надходить на нагрівання шихти і розплаву, визначається з виразу [3]

$$E_{\text{дуг}} = K \cdot \sqrt{3} \cdot U_{2,j} \cdot I_{2,j} \cdot \cos \varphi_j \cdot \eta_{\text{ел},j} \cdot t_{\text{нагр}}, \quad (1)$$

де $K = 0,1 \dots 1$ – коефіцієнт, що враховує втрати потужності дуг на опромінення стінок і склепіння ДСП в залежності від товщини шлакового покриву; $U_{2,j}$, $I_{2,j}$, – відповідно номінальні напруги і струми на вторинній обмотці трьохфазного трансформатору j -ої ступені напруги, $\cos \varphi_j$ – коефіцієнт потужності трансформатору; $\eta_{\text{ел},j}$ – електричний к.к.д. ДСП, $t_{\text{нагр}}$ – час нагрівання металу.

При визначенні коефіцієнта K необхідно враховувати три основні періоди роботи електричних дуг: початковий період нагрівання твердої шихти і проплавлення колодязів з рідким металом, плавлення шихти, період формування і спінювання шлаку. У міру наростання шлакового покриву коефіцієнт змінюється в діапазоні від 0,1 до 1.

При розрахунках теплових втрат внаслідок нагрівання футерівки печі і теплопередачі через неї вважали, що її стінки є циліндром, а днище - плоска поверхня.

В цьому випадку, отримуємо одновимірні теплові завдання та диференціальні рівняння теплопровідності для стінки та днища ванни згідно [4] має вигляд

$$\begin{aligned} c_m(T_m) \cdot \rho_m \cdot \frac{\partial T_m}{\partial t} &= \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial r} \left(r \cdot \lambda_m(T_m) \frac{\partial T_m}{\partial r} \right) \text{ для стінки,} \\ c_m(T_m) \cdot \rho_m \cdot \frac{\partial T_m}{\partial t} &= \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda_m(T_m) \frac{\partial T_m}{\partial z} \right) \text{ для днища,} \end{aligned} \quad (2)$$

де r – радіус ванни; z – координата висоти розплаву; $c_m(T_m)$ – питома теплоємність матеріалу m футерівки; T_m – температура матеріалу m футерівки; ρ_m – густина матеріалу m футерівки; $\lambda_m(T_m)$ – теплопровідність матеріалу m футерівки.

Для межі розплав - футерування і зовнішньої поверхні корпусу печі задавали граничні умови 3-го роду, а на стиках шарів футеровки і кожуху печі - граничні умови 4-го роду.

При визначенні теплових втрат випромінюванням враховували наявність відкритої поверхні металу, яка утворюється висхідними потоками аргону, а також той факт, що під час технологічних зупинок, в зв'язку з затвердінням шлакового покриву, теплові втрати з поверхні, що вкрита шлаком зменшуються.

За результатами моделювання отримані статті енергетичного балансу плавки у дуговій сталеплавильній печі ДСП-100 з урахуванням наявності легуючих елементів в металевому розплаві та їх оксидів у шлаку. Встановлено, що в середньому загальне споживання енергії становить 605 кВт*год/т, у тому числі: електричної енергії 375 кВт*год/т, енергії пальників 62 кВт*год/т, енергія хімічних реакцій складає 168 кВт*год/тон. Витрати енергії складають наступні статті балансу: енергія, що уноситься рідкою сталлю 378,5 кВт*год/т, зі шлаком 48 кВт*год/т, газами, що відходять 108,5 кВт*год/т, а втрати енергії у короткій мережі складають 70 кВт*год/т. Отриманні результати дозволяють визначити раціональний енерготехнологічний режим плавки.

Висновки. Побудована математична модель теплоенергетичних процесів дугової сталеплавильної печі, яка враховує надходження енергії за рахунок електричних дуг, паливно-кисневих пальників, фізико-хімічних реакцій та витрати енергії за рахунок складного теплообміну, а саме: теплової передачі через футерівку печі, через склепіння печі (випромінювання з поверхні розплаву, нагрівання склепіння, що охолоджується водою, та теплопередачі через нього), газів, які відходять. Отримані статті енергетичного балансу плавки у дуговій сталеплавильній печі з урахуванням наявності легуючих елементів в металевому розплаві та їх оксидів у шлаку, які дозволяють визначити раціональний енерготехнологічний режим плавки.

Список використаних джерел

1. https://www.aist.org/AIST/aist/AIST/Conferences_Exhibitions/MENA/Presentations/AIST_MENA_EAF-Efficiency_Cappel.pdf (електронне джерело)
2. Jonas Alexis, Marco Ramirez, Gerardo Trapaga, Pär Jönsson / Modeling of a DC Electric Arc Furnace—Heat Transfer from the Arc // ISIJ International - 2000 Volume 40 Issue 11 Pages 1089-1097. <https://doi.org/10.2355/isijinternational.40.1089>

3. Жаданос О.В., Дерев'янка І.В., Петренко М.С., Шепетяк Є.А., Мацишин В.Г. Дослідження та аналіз теплоенергетичних процесів під час позапічної обробки сталі в агрегаті ківш-піч ємністю 100 тон // Теорія і практика металургії. 2024. №3. С.5-12 https://nmetau.edu.ua/file/zh_3_24_poper1.pdf <https://doi.org/10.34185/tpm.2.2024.05>

4. W. Hoppmann, F.N. Fett, T. Klages, L. Fiege. Energiehaushalt eines Pfannenofens // Stahl und Eisen. - Band (108) 5. September 1988. - № 18. - p. 841-847.

Публікація підготовлена за результатами проекту 2023.04/0037 “Розробка технології переплаву брухту військової техніки з метою збереження дороговартісних легуючих елементів при виплавці сталей спеціального функціонального призначення”, профінансованим Національним фондом досліджень України за кошти державного бюджету.



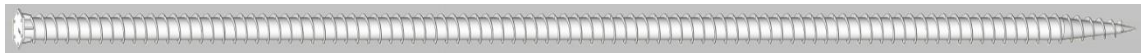
УДК 624.151

ВИКОРИСТАННЯ ДОСЯГНЕНЬ ЗАСТОСУВАННЯ ГВИНТОВИХ ПАЛЬ ЗІ СПІРАЛЬНИМИ ЛОПАТТЯМИ ПРИ СПОРУДЖЕННІ ПЕРЕПРАВ ЧЕРЕЗ РІЧКИ І ПЕРЕШКОДИ МІСЦЕВОСТІ

Дубінчик О. І. ¹, к. т. н., доц.; Ільницький І. М. ², аспірант
ННІ «Дніпровський інститут інфраструктури і транспорту»
Українського державного університету науки і технологій
¹ o.i.dubinchyk@ust.edu.ua, ² ilnitskiy.igor@gmail.com

Постановка проблеми. Гвинтові палі зі спіральними лопаттями – це один з видів гвинтових палей, в яких, у якості лопаті замість одинокого гвинта великого діаметру на кінці палі застосовано безперервну лопать у вигляді спіралі по всій довжині стовбура палі. Через таку конструктивну особливість сама лопать має невеликий розмір зовнішнього діаметру, всього лише на 10...15% більше ніж діаметр стовбура палі і саме через зовнішній вигляд такі палі почали називати геошурпами.

На даний час, в країнах Європейського Союзу і в Україні, дуже розповсюджено застосування таких палей для будівництва каркасних будинків, пірсів, опор легких споруд, тому і налагоджено виробництво їх, в достатньо великій кількості, для забезпечення потреб у країні [1].



Гвинтова палля зі спіральною лопаттю

В умовах масштабної війни, що розгорнулася на території нашої держави, дуже важливу роль набуває транспортна інфраструктура, яка повинна забезпечувати можливість сполучення тилових районів країни з прифронтовою територією. На заваді чого дуже часто трапляються або природні, або техногенні перешкоди у вигляді річок, ярів або каналів. Без спеціальних

споруджень, таких як мости та шляхопроводи, подолання таких перешкод стає дійсно великою проблемою. Тому великих пошкоджень набуває саме транспортна інфраструктура в результаті ураження ворожими засобами.

Здійснення швидкого спорудження нових тимчасових, або обмежених у термінах експлуатації мостів та шляхопроводів, замість пошкоджених або зруйнованих, – є дуже важливою складовою у забезпеченні інфраструктурних сполучень. За допомогою гвинтових паль зі спіральною лопаттю можливо досягти високих темпів спорудження фундаментів для створення достатньо надійних переправ через значні перешкоди. Швидкість будівництва і низька вартість таких фундаментів може надати змогу більш швидкого відновлення транспортної інфраструктури на території, що сильно страждають від бойових дій.

Мета дослідження. Визначення можливості і напрямків реалізації проектів з застосування геошурупів для швидкого і маловартісного спорудження фундаментів мостів і шляхопроводів через перешкоди місцевості для забезпечення транспортного сполучення.

Результати дослідження. Під час вирішення задачі вибору типу фундаменту для опори прогонової будови мосту чи шляхопроводу, геошурупи мають декілька переваг у порівнянні з або класичними типами фундаментів на природній основі, або перед палями стандартного типу, таких як забивні чи ін'єкційні палі, а саме: незначна вартість; невеликий термін спорудження; достатньо висока несуча здатність паль; спрощені вимоги до підготовки рельєфу поверхні; малогабаритна техніка для будівництва; можливість багаторазового використання; відсутність мокрих процесів.

На сьогоднішній день виробництво гвинтових паль зі спіральною лопаттю в Україні сягнуло досить великих об'ємів, в першу чергу саме через низьку вартість як окремої палі так і фундаменту в цілому, у порівнянні з іншими типами фундаментів. Матеріалами для виробництва кожної окремої палі служать звичайні металеві труби і листовая сталь різної товщини. Збирання паль відбувається за допомогою зварювання. Ці технології є розповсюдженими і через це є не дуже вартісними. Для максимального зменшення вартості палі можна застосовувати їх у готовому вигляді без захисного покриття, але це треба робити з урахуванням можливого короткого терміну експлуатації, через корозію металу в умовах занурення в ґрунт. Досить великі терміни експлуатації таких паль досягаються шляхом гарячого цинкування кожної з паль, що надає змогу використовувати їх до 50 років, або використовувати багаторазово з викручуванням паль і закручуванням в нове місце.

Дуже важливий показник – це термін занурення і влаштування пального поля загалом. Через відсутність мокрих процесів, або складних будівельних процесів підсумковий термін влаштування пальної основи дуже короткий, занурення паль відбувається механічними приладами шляхом закручування паль в ґрунт. Обладнання, яким здійснюється занурення достатньо універсальне і на сьогоднішній день розповсюджене. Техніка, на яку можна встановити відповідне обладнання зазвичай невеликих розмірів, і відповідно через це, дуже мобільна, а також достатньо рухома на будівельному майданчику. Це все, в цілому, значно скорочує терміни будівництва: від початку ведення будівельних робіт до початку користування переправою.

Як показує практика, з застосування паль даного типу, вони мають дуже високі показники з несучої здатності і необхідного витримування навантаження, що досягається за рахунок збільшення кількості паль під опорою, або за рахунок збільшення глибини занурення кожної

окремої палі. На цей рахунок є достатньо багато теоретичних досліджень, але є і практичні застосування з послідовним вивченням механіки процесів використання таких палей [2; 3]. Це є підґрунтям саме для проектування подібних об'єктів будівництва, без чого не можливо масове застосування цих технологій. Спираючись на подібні дослідження, можна цілком впевнено сказати, що палі даного типу за своєю несучою спроможністю здатні витримувати дуже великі навантаження на протязі тривалого терміну експлуатування.

Дуже цікавою особливістю застосування подібних палей є те, що відсутня необхідність багатогодинної підготовки будівельного майданчика щодо ґрунтових робіт з розробки котловану безпосередньо для влаштування берегової опори, а також щодо влаштування майданчиків розміщення важкої техніки для роботи – облаштування дорожніми плитами, забезпечення горизонту поверхні цих майданчиків і т. і.



Будівельний майданчик

Важливою складовою будівництва переправ в умовах бойових дій, або в умовах необхідності швидкого відновлення шляхопроводів для забезпечення логістичних шляхів є відсутність мокрих процесів під час зведення конструкції переправи, мобільність конструктивних елементів і технологічність процесів монтажу. Сучасні технології дозволяють створювати рішення, що дуже добре адаптовані для таких вимог і забезпечують необхідну мобільність і швидкість зведення переправ.



Монтаж переправи

Висновки. Однозначним висновком аналізу наведеного матеріалу є те, що застосування

гвинтових паль зі спіральною лопаттю в задачах створення фундаментів переправ і шляхопроводів не достатньо освоєно в цілому. Наведені переваги таких конструктивних рішень явно показують ефективність застосування геошурупів, особливо це стосується ситуацій з необхідністю дуже швидкого створення тимчасових переправ для забезпечення логістичного сполучення там, де це конче потрібно.

Через відсутність мокрих процесів, необхідності застосування великогабаритної техніки і швидкості занурення паль, стає можливим досягнення дуже великих темпів зведення переправи. Через монтажну складову рішення всієї конструкції і поєднання всіх конструктивних елементів між собою, з'являється можливість багаторазового використання переправи, а також типізації конструктивних рішень під час проектування і виготовлення виробів.

Список використаних джерел

1. ДСТУ-Н Б 1997-1:2010. Єврокод 7. Геотехнічне проектування. Частина 1 Загальні правила (EN 1997-1:2004, IDT). Київ: Мінрегіонбуд України – [Чинний з 2011].
2. Дубінчик О. І., Ільницький І. М. Методика розрахунку несучої здатності гвинтової палі зі спіральною лопаттю за ґрунтом. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*. 2024. № 25. С. 53-64. DOI: <https://doi.org/10.15802/bttrp2024/303293>.
3. Дубінчик, О. І., Ільницький, І. М. Обґрунтування практичного застосування гвинтової палі зі спіральною лопаттю (геошурупу) під час будівництва пальових фундаментів. *Наука та прогрес транспорту*. 2025. №3 (111). С. 98-110. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2025/337692>.

UDC 356.123

SECURITY AND RESILIENCE OF INTERNATIONAL LOGISTICS AND TRANSPORT SYSTEMS UNDER MILITARY THREATS: ECONOMIC CHALLENGES AND INTERNATIONAL COOPERATION (THE CASE OF POLISH–UKRAINIAN INTERACTION)

WOLNY Pawel ¹, Shaptala O.I. ²

¹ Associate Professor, Faculty of Process and Environmental Engineering, Lodz University of Technology, PhD, Professor, Lodz, Poland

² Senior Researcher, Department of Military Training of Specialists, State Special Transport Service, Ukrainian State University of Science and Technology, Ukraine

Emails: pawel.wolny@p.lodz.pl, o.i.shaptala@ust.edu.ua

Problem Statement: The article addresses the issues of security and resilience of transport and logistics systems under modern conditions of military threats. The focus is placed on the economic challenges associated with infrastructure destruction, disruption of supply chains, and the need to adapt logistics management systems to crisis situations. Special attention is given to Polish–Ukrainian cooperation as an example of effective international collaboration in the field of transport security.

Research Objective: The purpose of this study is to analyze the security and resilience of international transport and logistics systems in the context of military threats, as well as to identify economic challenges and directions for international cooperation using the Polish–Ukrainian partnership as a case study. The research aims to assess the impact of warfare on logistics chains, determine adaptation mechanisms for transport infrastructure, and develop recommendations to enhance interstate coordination in ensuring safe and resilient transportation.

Research Results: Military threats significantly transform approaches to organizing transport and logistics processes. Ukraine, facing full-scale aggression, is compelled to form a new model of logistics system functioning based on the principles of security, resilience, and adaptability.

The security of the transport and logistics system encompasses a range of issues — from personnel and cargo protection to cybersecurity and infrastructure safety. During wartime, traditional logistics routes are disrupted, creating an urgent need to establish alternative supply routes and backup logistics centers. Given these key indicators, logistics companies must adapt their approaches to minimize the impact of martial law on operations.

Table 1. Comparison of Logistics Services Before and After the Imposition of Martial Law

Parameter	Before Martial Law	During Martial Law
Infrastructure Condition	Stable operation of transport routes and facilities	Destruction of bridges, railways, warehouses, and ports
Supply Chain Stability	Predictable and optimized flows	Frequent disruptions, rerouting through alternative corridors
Security Level	Standard safety protocols	High-risk conditions, need for protective measures
Information Systems	Conventional logistics management systems	Enhanced cybersecurity and real-time monitoring
Transport Costs	Stable, predictable	Increased due to insurance, security, and repairs
International Cooperation	Regular trade flows	Intensified coordination with Poland and EU partners

Logistics security during wartime combines physical, informational, and economic measures. The main risks include:

destruction of transport infrastructure (bridges, railways, ports, warehouses);

blockage of transport corridors;

cyberattacks on transport management systems;

threats to personnel and vehicles.

A logistics security system should be based on risk management principles, real-time monitoring, digital technologies (GPS tracking, blockchain for cargo traceability, automated route planning), and international coordination.

Poland is a Key partner of Ukraine in maintaining transport flow resilience during wartime. Most export-import operations — including humanitarian, military, and energy cargo — are carried out through Polish territory. Main areas of cooperation include:

development of border infrastructure (Yahodyn–Dorohusk, Medyka–Shehyni, Rava-Ruska–Hrebenne);

creation of logistics hubs and transshipment centers in border regions (Rzeszów, Lublin, Lviv, Volyn);

integration of Ukrainian transport networks into the TEN-T system to increase throughput capacity;

exchange of experience and technologies between Polish and Ukrainian logistics companies, universities, and authorities;

strengthening cybersecurity of transport information systems.

Such partnership not only supports the stability of logistics flows during wartime but also lays the groundwork for Ukraine's post-war integration into the European transport space. Wartime increases

costs for transportation, insurance, cargo protection, and infrastructure repair. However, investments in secure logistics open new opportunities for economic growth:

development of multimodal transportation;

access to financing from international financial institutions;

enhancement of the competitiveness of Ukrainian exporters.

International cooperation in transport security should rely on:

joint projects within the EU and NATO frameworks;

financing from the EBRD and EIB for critical infrastructure modernization;

development of shared digital transport management systems;

creation of a unified Central and Eastern European logistics security system.

Conclusions. Security and resilience of logistics systems are strategic prerequisites for national and economic stability. The Polish–Ukrainian experience demonstrates that international solidarity and technological integration can ensure the continuity of logistics operations even during wartime. The development of joint transport projects, digital solutions, and cross-border infrastructure will become a

foundation for Ukraine’s post-war recovery and for strengthening the security of the entire European region. The operation of logistics systems in crisis conditions, particularly under martial law, requires a rethinking of not only economic but also socio-political approaches to maintaining uninterrupted trade flows. Adaptive logistics strategies become crucial for sustaining both economic and political activity within Polish–Ukrainian cooperation. The study proves that classical logistics models focused solely on cost minimization under stable conditions are insufficient in an environment of instability. Therefore, developing international logistics models capable of rapid adaptation to multidimensional instability is not only a crisis-response tool but also a prerequisite for building a resilient and inclusive economy in both countries. In the context of wartime threats and Ukraine’s post-war reconstruction, the strategic priority of bilateral cooperation between Ukraine and Poland should be the implementation of internationally recognized logistics solutions based on flexibility, digitalization, and intersectoral coordination. This will ensure stable cross-border trade during critical periods and create a sustainable platform for labor market recovery, reduction of social risks, and deeper integration of Ukraine into European and global economic processes.

References

- 1.Andrzej Szymonik, Artur Szymonik, Małgorzata Dymyt, Marta Wincewicz Bosy (2024). “Cybersecurity Threats and Practices in the Logistics Industry in Poland.” *European Research Studies Journal*, Vol. XXVII, Issue 3, pp. 1108–1123. This study examines cybersecurity challenges in logistics in Poland — useful for research on security and resilience. ersj.eu
- 2.Adrian Sadłowski, Jacek Brdulak, Anna Budzyńska (2023). “The Transport of Ukrainian Grain through Poland and the Domestic Grain Market.” *HSS*, Vol. 30, No. 2. Analysis of Ukraine’s logistics route through Poland — an important example of Polish–Ukrainian cooperation. journals.prz.edu.pl
- 3.Yevhen Krykavskyy, Nataliya Chornopyska, Oksana Dovhun, Nataliya Hayvanovych, Sofiya Leonova (2023). “Defining Supply Chain Resilience during Wartime.” *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*.
- 4.Iryna Lutsenko, Oksana Rudenko (2024). *Resilience of Logistics Systems under Wartime Conditions*. Kyiv: KNEU named after V. Hetman. This work directly addresses logistics resilience in wartime. Institute of Economics and Forecasting, NAS of Ukraine.
- 5.Tetiana Liadenko, Anna Lysokon (2024). *Ensuring the Resilience of Transport and Logistics Companies in Ukraine*. Kyiv: KNEU named after V. Hetman. Analysis of the current state of transport

and logistics systems in Ukraine with a focus on war, European integration, and globalization. Institute of Economics and Forecasting, NAS of Ukraine.

6. Viktor Myronenko, Valerii Samsonkin (eds.) (n.d.). *Efficiency and Security of Transport and Logistics Systems*. Scientific School of DUIT. This work may be useful for aspects of transport system security in Ukraine.

УДК 656.212

СТАБІЛЬНІ МАРШРУТНІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ В УМОВАХ ВІЙСЬКОВОГО СТАНУ – ЗАПОРУКА ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕКОНОМІКИ КРАЇНИ

Окороков А.М.¹, к. т. н., доц.; Заруба О.В.², аспірант; Хоменко Ю.Л.³, аспірант
ННІ «Дніпровський інститут інфраструктури і транспорту»

Українського державного університету науки і технологій

¹ a.m.okorokov@ust.edu.ua, ² zarukr@ukr.net, ³ yurkahom@gmail.com

Постановка проблеми. Зерновий сектор, що забезпечує 10...15% ВВП і 40% експорту, постраждав від блокади портів, скоротивши обсяги на 30...40% порівняно з довоєнним рівнем. Маршрутні перевезення залізницею, які становлять 85% внутрішніх вантажопотоків зернових і сировини, стикаються з пошкодженням 1 200 км колій і 400 об'єктів інфраструктури, що знижує пропускну спроможність на 25%. Переорієнтація на західні кордони (Польща, Румунія) додає 20% витрат через зміну колії та черги, а Дунайські порти обмежені пропускнуою спроможністю 1 млн т/місяць.

Економічні наслідки критичні: втрати зерна через простой сягають 10%, сировини для металургії – 30%. Кадровий дефіцит (15% працівників) і зростання тарифів на 40% через енергетичну кризу посилюють вразливість. Безпекові ризики, включаючи обстріли та кібератаки, додають невизначеності, знижуючи ефективність на 20...25%. Додатковою проблемою є нестача тягового рухомого складу, в тому числі через пошкодження тягового рухомого складу внаслідок повітряних атак. Зазначені проблеми викликають, перш за все, зростання надлишкової вантажної маси (запасів), як у пунктах виробництва, так і в транзитних пунктах, а також морських портах. Це збільшує собівартість продукції, знижує її конкурентоспроможність на світовому ринку та зменшує надходження до державного бюджету. Отже, маємо науково-прикладну проблему раціоналізації маршрутних перевезень з метою зменшення надлишкової вантажної маси в ланцюгу постачань.

Мета дослідження. Метою дослідження є оцінка централізованого використання поїзних формувань на мережі залізниць при маршрутних перевезеннях металургійної сировини та зернових вантажів, а також визначення умов формування надлишкової вантажної маси (запасів) при таких перевезеннях.

Результати дослідження. Об'єктом дослідження є транспортно-технологічна система постачання сировини залізничним транспортом для забезпечення потреб металургійного підприємства.

Гіпотеза дослідження полягає в тому, що за умов централізованого управління парком рухомого складу залізничного транспорту на розгалуженій мережі постачання необхідний розмір робочого парку буде меншим, ніж у разі нецентралізованого використання. Розглянута задача є оптимізаційною та багатокритеріальною, проте головним критерієм оптимізації виступає

мінімально можливий час доставки вантажу. Вибір саме цього критерію є найбільш доцільним з точки зору логістичних принципів, зокрема:

1. Забезпечення системності: середній час доставки вантажу є інтегральним показником ефективності функціонування всієї транспортно-технологічної системи постачання зернових, оскільки характеризує середній час перебування вантажу в системі.

2. Мінімізація часу обороту активів та зниження собівартості перевезень: чим менший час перебування вантажу в транспортно-технологічній системі, тим меншими є втрати, пов'язані із “заморожуванням” оборотних активів.

Таким чином, постановка задачі зводиться до класичної оптимізаційної задачі з цільовою функцією та відповідними обмеженнями.

Оскільки мінімальний час доставки може бути досягнутий лише за умов необмежених ресурсів, основними обмеженнями до цільової функції виступають:

- раціональне використання пропускної спроможності транспортних ліній;
- оптимальне використання робочого парку транспортних засобів у всіх підсистемах транспортно-технологічного комплексу.

Єдиним і водночас найважливішим параметром, що визначає структуру та конфігурацію всього ланцюга постачання в межах транспортно-технологічної системи, є середня інтенсивність надходження вантажів до перевезення. Саме ця інтенсивність формує загальне навантаження як на кожен окрему підсистему, так і на систему в цілому. Вона зберігатиме своє абсолютне значення, змінюючись лише у формі трансформації відповідно до умов транспортування в межах кожної транспортно-технологічної підсистеми.

Оскільки задача передбачає централізоване управління наявним парком транспортних засобів у розгалуженій мережі постачання з урахуванням варіативності тривалості технологічних процесів та інтенсивності надходження вантажів, її чисельна реалізація можлива лише за допомогою комп'ютерної симуляції. Імітаційну модель було розроблено в середовищі AnyLogic University Researcher із застосуванням агентного та дискретно-подієвого підходів. Це дало змогу детально відтворити технологічні процеси обороту поїзних формувань та їхню взаємодію з мережею пунктів відправлення (вугільні шахти та гірничо-збагачувальні комбінати) та пунктом призначення (металургійне підприємство). Використання агентного підходу дозволило промодельовувати складний технологічний процес взаємодії залізниці з пунктами відправлення й призначення як єдину велику транспортно-виробничу систему. Результати експериментів свідчать, що збільшення робочого парку відносно оптимальних розрахункових значень не покращує технологічні показники функціонування транспортних систем, зокрема середній час доставки вантажу. Натомість це призводить до зростання часу очікування транспортними засобами вантажів для відправлення та збільшення тривалості вантажного обороту транспортних засобів. Дане дослідження зосереджене на укрупнених транспортно-технологічних процесах і не враховує обмеження пропускної та переробної спроможності, зокрема припортових залізничних станцій та дільниць їх примикання. Крім того, попри широкі можливості імітаційного моделювання, запропонована модель не охоплює всю транспортну мережу України та суміжних країн.

Висновки. При числовій реалізації моделі на прикладі одного з типових ланцюгів постачання зернових з України до Китаю виявлено закономірності формування річного обсягу надлишкової вантажної маси, залежно від розміру робочого парку транспортних засобів. При зменшенні кількості вантажних автомобілів на 12 одиниць (25% від гранично допустимого рівня)

наприкінці року накопичується 237 000 тонн вантажної маси, що відповідає \$45 млн (за біржовими цінами 2025 року). Скорочення кількості залізничних маршрутів на одну одиницю (50% від допустимого рівня) призводить до накопичення 544 000 тонн вантажної маси, що еквівалентно \$106 млн. Збільшення робочого парку відносно оптимальних розрахункових значень не покращує технологічні показники функціонування транспортних систем. Зокрема, середній час доставки вантажу не зменшується. Натомість спостерігається зростання часу очікування транспортними засобами вантажів для відправлення та збільшення тривалості вантажного обороту транспортних засобів.

Експериментально встановлено, що для перевезення одного мільйона тонн зернових на рік оптимальний робочий парк складається з 92 вантажних автомобілів (із коефіцієнтом завантаження 0,52) та чотирьох залізничних відправницьких маршрутів (із коефіцієнтом завантаження 0,54). Для перевезення півтора мільйона тон на рік необхідно залучити 106 вантажних автомобілів (із коефіцієнтом завантаження 0,68) та п'ять залізничних маршрутів (із коефіцієнтом завантаження 0,64).

ОГЛЯД ЕФЕКТИВНИХ ВАРІАНТІВ ВЛАШТУВАННЯ ПРОЇЗНОЇ ЧАСТИНИ НА ТРУБОБЕТОННИХ ФЕРМАХ ІЗ КРУГЛИМИ ПОЯСАМИ

Співак Д.С.¹, доктор філософії.

¹Центр досліджень Державна спеціальна служба транспорту

¹d.s.spivak@ust.edu.ua

Постановка проблеми. Відновлення транспортної інфраструктури України має бути спрямоване не лише на повернення до довоєнного стану, а на відбудову за принципом «краще, ніж було». Це передбачає впровадження сучасних технологій і матеріалів, що підвищують ефективність, надійність і довговічність мостових споруд. Одним із перспективних напрямів є застосування труобетонних ферм у прогонових будовах.

Труобетонні ферменні мости зарекомендували себе як високотехнологічне та економічно доцільне рішення порівняно зі сталевими й залізобетонними аналогами. Водночас їх широке використання обмежується низкою технологічних труднощів: виготовленням труб, забезпеченням якості зварних з'єднань, бетонуванням і створенням надійного з'єднання верхнього поясу з проїзною частиною. Останній аспект є особливо складним при застосуванні круглих труобетонних елементів.

Класичний круглий труобетон має переваги перед полігональними формами завдяки рівномірному обтиску бетону, проте його геометрія ускладнює та збільшує обсяг робіт під час з'єднання з проїзною частиною.

Мета дослідження. Незалежно від ступеня сумісної роботи плити проїзду з фермою, важливо визначити наявні та потенційно можливі конструктивні рішення, що забезпечують зручне й ефективне їх об'єднання. Отримані результати створять основу для подальшого детального аналізу розглянутих варіантів, оцінки їх економічної доцільності та, за можливості, визначення універсального рішення для практичного застосування. У перспективі ці дані можуть

бути використані в розширених дослідженнях, спрямованих на багатфакторну оцінку ефективності трубобетонних ферм і вибір їх оптимальних конструктивних схем.

Результати дослідження. Аналіз існуючих мостових споруд показує, що плита проїзної частини зазвичай виконується із залізобетону та жорстко об'єднується з прогоною будовою, що свідчить про сумісну роботу плити та ферми. Таке конструктивне рішення сприяє підвищенню несної здатності та жорсткості прогону. На сьогодні відомі приклади реалізації трубобетонних ферм стосуються тільки схем із їздою поверху, тоді як варіанти з їздою низом практично не описані в літературі. За таких умов поперечна схема ферми прогонової будови має всього декілька видів [1].

На основі аналізу сучасних проєктів та публікацій можна виокремити такі основні типи об'єднання плити проїзду з трубобетонними фермами:

- накладання плити поверх трубобетонного поясу з омонолічуванням приварених до труби сталевих упорів (рис. а);
- зовнішнє бетонування трубобетонного або пустотілого сталевих поясу (рис. б);
- об'єднання через горизонтальні сталеві листи з привареними упорами, на які спирається плита (рис. в) [2];
- застосування незнімної опалубки з профільованих сталевих листів, що одночасно виконують функції форми та з'єднувального елемента (рис. г).

Хоча варіант із гофрованою стінкою (рис. в) не є класичною фермою, його доцільно розглядати як розвиток ферменних систем завдяки схожим принципам роботи. У практиці можливе комбінування наведених рішень, наприклад, застосування профільованої опалубки навколо верхньої частини труби для забезпечення більш рівномірної передачі зусиль між бетоном плити і трубобетонним поясом.

Вибір конкретного типу з'єднання визначається умовами зведення, видом поперечного перерізу ферми, відстанню між поясами та характером діючих навантажень. Сукупність цих чинників істотно впливає на напружено-деформований стан елементів і умови передачі зусиль між плитою та фермою.

Сучасні дослідження підтверджують високу ефективність використання упорів для забезпечення композитної роботи плити проїзду з трубобетонним поясом. У випадку круглих труб найчастіше застосовуються шпилькові гнучкі упори, а також перфоровані металеві листи (PBL) або металеві профілі, приварені до поверхні труби та забетоновані у плиту [3]. Експериментальні дослідження показали, що використання перфорованих листів підвищує жорсткість і втомну стійкість з'єднання, що особливо важливо для мостів великої довжини прогонів.

У конструкціях, де труби верхнього поясу повністю вбудовані в плиту проїзду, зовнішній шар бетону додатково запобігає локальному вигину та підвищує загальну стійкість елемента.

Окрему увагу привертають рішення із незнімною опалубкою з профільованих сталевих листів. Результати експериментальних і чисельних досліджень засвідчили високу ефективність такої схеми, оскільки профільований лист виконує одночасно функції робочої арматури, форми для бетонування та елемента зчеплення, забезпечуючи сумісну роботу сталі й бетону без потреби

у додаткових упорах. У сучасній практиці, зокрема в китайських проєктах типу Keku Bridge, така технологія дозволила спростити монтаж, скоротити тривалість бетонування та зменшити кількість риштувань [4, 5]. Ця технологія забезпечує рівномірний розподіл навантаження, підвищує довговічність і знижує ризики утворення зварних дефектів у зоні контакту.

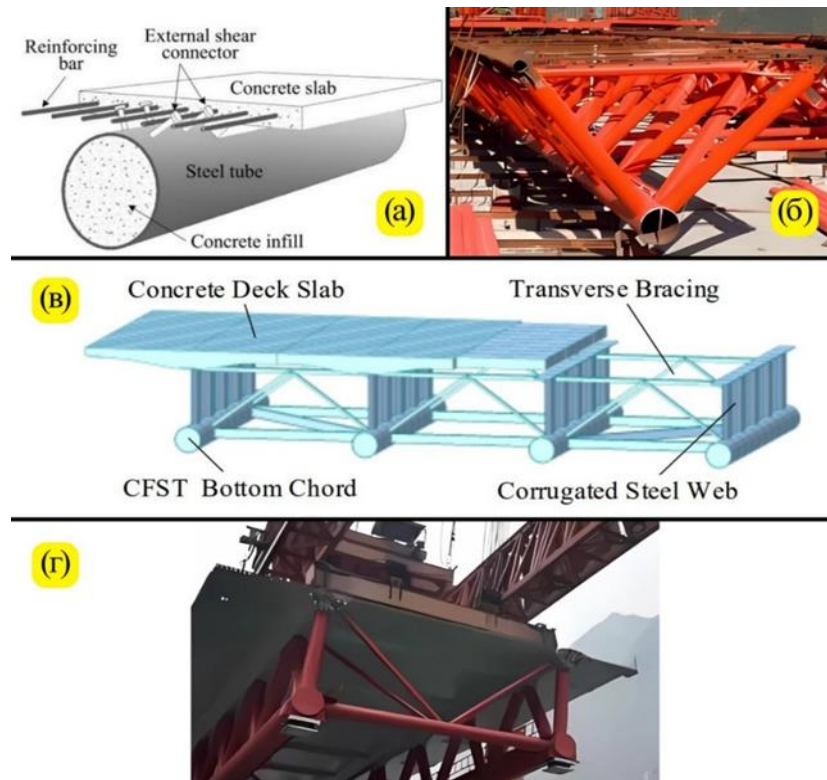


Рисунок – Варіанти об'єднання плити проїзду з верхнім поясом ферм: а) за допомогою упорів, перфорованих листів (PBL) або інших приварених елементів; б) бетонування плити безпосередньо в рівні труботетонного поясу; в) при відсутності труби верхнього поясу – через горизонтальний сталевий лист із приєднаними упорами, PBL або іншими з'єднувальними елементами; г) за допомогою незнімної металевої опалубки (з наявністю або без наявності труби)

Висновки. Незважаючи на обмежену кількість варіантів об'єднання плити проїзду з труботетонними фермами, кожен із них має свої принципові конструктивні особливості, що дозволяє задовольнити широкий спектр вимог та умов будівництва. Спільною метою усіх розглянутих рішень є не лише забезпечення надійного зчеплення між плитою та труботетонним поясом, але й максимізація площі контакту з поверхнею круглої труби для ефективної передачі зусиль. Перспективність використання труботетонних конструкцій у мостобудуванні обумовлена їх високою технологічністю, економічністю та відповідністю сучасним вимогам довговічності. Умови післявоєнної відбудови України створюють доцільність упровадження таких рішень у практику – за принципом «краще, ніж було», із використанням новітніх матеріалів, технологій і конструктивних систем. Завдяки гармонізації українських будівельних норм з Єврокодами впровадження труботетонних мостів можливе без технічних бар'єрів, що відкриває шлях до

широкого застосування цих прогресивних технологій у майбутній інфраструктурній відбудові країни.

Список використаних джерел

1. Співак Д. С. Рациональні розрізні ферменні прогонові будови їздою поверху із використанням трубобетону : дис. д-ра філософії в галузі архітектури : 192. Дніпро, 2025. 155 с.
2. Fan, Linjie and Wu, Qingxiong and Chen, Peng and CHEN, Kangming and Pan, Yingzhi and Cao, Yifan. Calculation method of fundamental-frequency and impact coefficient in CFST composite girder bridge. DOI: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.5459100>.
3. Zhipeng Cao, Zhengwei Li, Shaowei Deng, Lei Wang, Haibo Jiang, Bingxiong Xian. Experimental study on interfacial shear behavior of PBL shear connector deeply embedded in UHPC. Case Studies in Construction Materials, Volume 18, 2023, ISSN 2214-5095. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02192>.
4. Lin-Hai Han. Theory of Concrete-Filled Steel Tubular Structures. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-981-99-2170-6>.
5. 好消息！你们去川藏北线看红叶的路上，汶马高速这座桥合龙_澎湃 号·政务_澎湃新闻-The Paper. 403 Forbidden. URL: https://www.thepaper.cn/newsDetail_forward_2597829 (дата звернення: 23.10.2025).

УДК [656.225:355.69] – 049.5

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ЗАХОДІВ БЕЗПЕКИ ПРИ ЛОГІСТИЦІ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ

Гудімов В.В., старший викладач

Кафедра військової підготовки спеціалістів Держспецтрансслужби

Українського державного університету науки і технологій

gudviktor777@gmail.com

Постановка проблеми. В умовах сучасного сьогодення, ризиків і загроз, які несуть бойові дії і воєнний стан в Україні, дуже актуальним є заходи профілактики травматизму, збереження життя і здоров'я персоналу та інших людей. Постає проблематика оцінки причин та ризиків нещасних випадків серед військовослужбовців під час процесів навантаження, вивантаження та переміщення військової техніки та військових вантажів залізницею у 2025 році, вироблення практичних заходів їх запобігання.

Мета дослідження. Метою даного дослідження є проведення змістовного порівняльного аналізу стану виробничого травматизму, пов'язаного із службовою діяльністю військовослужбовців при здійсненні переміщення військових вантажів залізничним транспортом та обґрунтування запобігання нещасним випадкам, нещасним випадкам з військовослужбовцями зі смертельним наслідком, нещасним випадкам, унаслідок яких військовослужбовцями отримані тяжкі травми.

Завдання дослідження: – розробка рекомендацій та довідково - аналітичного матеріалу для військових частин, органів військового управління, начальників управлінь військових сполучень на залізницях, військових комендантів. Систематизація роботи командирів (начальників) по забезпеченню та виконанні особовим складом військового ешелону та варти правил надання потерпілим першої медичної допомоги, безпеки під час перебування на коліях залізничних станцій, використання засобів пожежогасіння, а також сигналів, які застосовуються на залізничному транспорті.

Результати дослідження.

Залізниця – це зона підвищеної небезпеки, причому з двох видів: наїзду рухомого складу і ураження електричним струмом високої напруги. Це все свідчить про те, що знаходження в зоні залізниці може бути смертельно небезпечним. Однак, незважаючи на існуючі правила, деякі особи наражають себе на небезпеку, не розуміючи, що номінальна напруга в контактній мережі складає 27,5 тисяч вольт, а гальмівний шлях поїздів в середньому становить 600-800 метрів.

Складність та багатогранність військової служби вимагає від кожного військовослужбовця твердого знання та точного дотримання заходів безпеки під час знаходження на залізничних коліях та поблизу них. Поряд із цим необхідно забезпечити дотримання заходів безпеки під час охорони вантажів, основними з яких є:

- вимоги до озброєння варти, яке має бути постійно готове до застосування, але використовується лише за наказом командира та відповідно до Статуту внутрішньої служби; [4]
- вимоги до організації виставлення постів у вагонах з озброєнням, вибуховими речовинами, технікою та на ключових ділянках ешелону;
- забезпечення контролю за цілісністю пломб, замків та кріплення вантажів.

Варта здійснює патрулювання ешелону, особливо під час зупинок на станціях. Забороняється відкривати вагони або проводити будь-які операції з вантажем без дозволу начальника ешелону. [4]

Особливостями військових перевезень в умовах воєнних загроз є:

- додаткові заходи маскування ешелону (світломаскування, димові завіси, розосереджене розташування на станціях). [1]
- посилення охорони: збільшується кількість постів, організовуються додаткові дозори. [4]
- під час руху через небезпечні райони варта готова до відбиття нападу диверсійно-розвідувальних груп противника.

При загрозі авіаційного чи артилерійського удару – здійснюється евакуація особового складу та укриття у визначених місцях, у випадку бойових дій – охорона вантажу організовується за принципами бойової охорони (засідки, патрулі, дозори).

Рекомендуємими додатковими заходами безпеки є постійна перевірка технічного стану вагонів і кріплення вантажу. [2], наявність засобів пожежогасіння у вагонах з горючими та небезпечними матеріалами, інструктаж особового складу щодо дій при пожежі, аварії чи нападі,

забезпечення медичної допомоги та організація чергування медпрацівників під час перевезення. Проведеним дослідженням, виходячи з вимог керівних документів та їх фактичного виконання, можна відмітити, що робота органами військового управління, командування частин, управлінь військових сполучень на залізницях, військових комендатур щодо виконання заходів безпеки було не достатньою. Так, якщо брати регіон Дніпропетровської області, де проводились роботи по навантаженню (вивантаженню) та на шляхах переміщення військових частин та підрозділів можна зробити аналіз нещасних випадків, які сталися за визначений період.

Ілюстративна діаграма причин нещасних випадків



Рис.1. Діаграма причин нещасних випадків

Типові причини нещасних випадків під час навантаження/вивантаження і руху залізницею були:

1. Людський фактор (недотримання інструкцій, помилки при кріпленні, неправильні дії під час маневрування).
2. Несправне або невідповідне кріпильне оснащення та інвентар (втрата стійкості вантажу, зриви кріплення).
3. Порушення технології розміщення та кріплення ОВТ, МТЗ (невідповідне розташування, неврахування центра ваги).
4. Недостатній інструктаж, підготовка й контроль персоналу (відсутність відпрацювання операцій, відсутність відповідального контролю).
5. Погодні умови та зовнішні фактори (слизька платформа, обледеніння, зниження огляду).
6. Інфраструктурні проблеми (незадовільний стан рамп, колій, освітлення). [3]

Оцінка ризиків і ключові вразливі місця згідно дослідження:

- найбільш критичні операції, фіксація, кріплення техніки на платформах, перехід між платформами під час маневрів, робота біля габариту рухомого складу;
- відповідальність як на рівні ланки (начальники підрозділів) так і на рівні залізничної служби — чітке розмежування обов'язків є обов'язковим.

Заходи запобігання (практичні рекомендації) згідно дослідження.

Організаційні:

1. Впровадження обов'язкової процедури «Передопераційна перевірка безпеки» перед кожною операцією навантаження, вивантаження: огляд інвентарю, кріплень, погодних умов, розподіл обов'язків. (включити накази, інструкції).
2. Призначення відповідальної особи за безпеку вантажно-розвантажувальних робіт від військової частини та від залізниці; при загрозі — зупинка операції до усунення ризику.
3. Протоколи співпраці з Укрзалізницею, черговими по станції щодо маневрування, блокувань та безпечних коридорів руху. [2],

Технічні:

1. Стандартизація кріпильних засобів, регулярна перевірка та обслуговування (періодичні інспекції).
2. Використання сертифікованої тарної продукції та спеціальних піддонів, фіксаторів для ОВТ, МТЗ.

Навчання і тренування:

1. Регулярні тренування з відпрацювання операцій навантаження, кріплення в реальних умовах (включно нічні, погодні сценарії).
2. Інструктаж перед кожною операцією і документальний запис про проходження інструктажу.

Контроль і моніторинг:

1. Ведення журналу інцидентів і небезпечних подій з аналізом причин та впровадженням коригувальних заходів.
2. Періодичні аудити безпеки вантажно-розвантажувальних робіт.

Рекомендації з оперативного реагування при нещасному випадку є миттєва зупинка операції, надання першої допомоги, евакуація постраждалого, забезпечення безпеки місця події, повідомлення відповідних служб (медична, військова, залізнична), проведення розслідування та внесення змін до процедур.

Висновок. Дотримання зазначених рекомендацій та вимог забезпечить збереження життя і здоров'я персоналу супроводу військових вантажів від фатальних випадків при навантаженні, вивантаженні та просуванні по залізниці в складі ешелону або в складі варті при супроводі військових вантажів а також взагалі при знаходженні на залізниці або поблизу неї.

Список використаних джерел

1. Закон України «Про функціонування єдиної транспортної системи України в особливий період» (із змінами і доповненнями)

2. Про затвердження Порядку організації діяльності залізничного транспорту під час здійснення військових залізничних перевезень : постанова Кабінету міністрів України від 4 листопада 2015 р. № 891.

3. Наказ Міністра оборони України №595 « Про положення з військових перевезень залізничним, морським, річковим та повітряним транспортом»

4. Наказ Міністра оборони України № 210 від 07.05.2019 р « Про затвердження Положення з охорони та супроводу військових вантажів на залізничному та водному транспорті»

УДК 669.053.4

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ МАТЕРІАЛІВ ВОДНЕВОГО ВИРОБНИЦТВА ДЛЯ ПОТРЕБ ТРАНСПОРТНОЇ ГАЛУЗІ

Поліщук Ю.В.¹, к. т. н., доц.; Скар Ю. Є.², д. х. н., проф.; Скар І. В.³, к. х. н., доц.;
Бутиріна Т. Є.⁴, к. т. н., доц.; Сухий М. К.⁵, аспірант; Нефедов В. Г.⁶, д. т. н., проф.

ННІ «Український державний хіміко-технологічний університет»

Українського державного університету науки і технологій

¹ yu.v.polishchuk@ust.edu.ua, ² y.e.sknar@ust.edu.ua, ³ i.v.sknar@ust.edu.ua,
⁴ t.e.butyrina@ust.edu.ua, ⁵ tntmishatnt@gmail.com, ⁶ vnfedov@i.ua

Постановка проблеми. Транспортний сектор є важливим для перевезення та є світовим логістичним сполучником. Проте, зменшення природних ресурсів приводить до пошуку нових альтернативних видів транспорту для заміни двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ). Водень є альтернативним енергоносієм для автомобілів з паливними елементами (Fuel Cell Electric Vehicles, FCEV). У таких системах енергія утворюється внаслідок електрохімічної реакції водню з киснем, без згоряння, що дозволяє досягти високої ефективності (≈60%) та нульових локальних викидів.

Переваги використання водню як палива:

1. Екологічність – єдиним продуктом реакції в паливному елементі є вода H_2O ;
2. Висока питома енергія – 1 кг H_2 містить ≈120 МДж енергії, що у 3 рази більше, ніж бензин (за масою);
3. Швидке заправлення – повна заправка триває 3–5 хв, як у звичайного авто з ДВЗ.
4. Великий запас ходу – сучасні легкові FCEV мають запас до 600–700 км (Toyota Mirai, Hyundai Nexon).
5. Можливість використання у важкому транспорті, наприклад вантажівки, автобуси, залізничний і морський транспорт.

Паливо для водневих автомобілів повинно бути надзвичайно чистим (99.97% H_2), подаватися під тиском 700 бар (для легкових авто) і відповідати міжнародним стандартам ISO/SAE. Наприклад, відповідно до ISO 14687:2025 Hydrogen fuel quality - Product specification [1] та SAE J2719 Hydrogen Fuel Quality for Fuel Cell Vehicles [2] мінімальна чистота водню має складати ≥ 99.97 % (молярна частка H_2). Навіть частки ppm домішок (CO , H_2S , NH_3) можуть зруйнувати каталітичний шар паливного елемента, тому контроль чистоти і безпеки зберігання є критично важливим.

Для водневих автомобілів також спостерігається тенденція використання "блакитного" водню з природного газу з уловлюванням CO_2 або "зеленого" водню, який отримують електролізом, в тому числі з відновлюваних джерел (сонце, вітер). Останній спосіб має найнижчі викиди CO_2 . Висока вартість виробництва "зеленого" водню та залежність від уловлювання CO_2 для "блакитного" водню стримують їх широке використання.

Процес отримання «зеленого» водню це процес розкладання води H_2O (електроліз) на водень H_2 і кисень O_2 під дією електричного струму, за умови надходження електроенергії для цього процесу з відновлюваних джерел (сонце, вітер, гідро). Хоча технологія ще дорога, вона є ключовою для декарбонізації енергетики та транспорту. Саме тому, основною задачею на сьогодні є пошук шляхів зменшення вартості «зеленого» водню.

Нами запропоновано такі ключові ідеї:

1. Заміна процесу виділення кисню на розвинення електронегативних металів, наприклад алюмінію та заліза [3];
2. розроблення та використання доступних електрокаталітичних матеріалів процесу виділення водню.

До таких доступних та перспективних електрокаталізаторів можна віднести сплав Ni-Fe, електрохімічний спосіб синтезу якого з лужного електроліту є гнучким в керуванні.

Мета дослідження. Метою даного дослідження є встановлення та обґрунтування характеру впливу органічних сульфосполук, що знижують внутрішні напруження в гальванопокриттях нікелем та його сплавами, на структуру, фізико-механічні та електрокаталітичні властивості сплаву Ni-Fe, електроосадженого з метансульфонатного електроліту.

Результати дослідження Електроосадження плівок сплавом Ni-Fe проводили з електроліту складу: 1.00 M $\text{Ni}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$; 0.30 M NaCl; 0.70 M H_3BO_3 ; 0.08 M $\text{Fe}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$. В якості спеціальних модифікаторів електрокристалізації використовували сульфурвмісні органічні сполуки аллілсульфонат натрію і сахаринат натрію. Всі експерименти проводили за температури 333 °K і pH = 3.

Товщина катодного осаду сплавом Ni-Fe становила 25 мкм. Кожен експеримент повторювався щонайменше 5 разів. Межі довірчого інтервалу для значень внутрішніх напруг осадів знаходилися за допомогою критерію Стюдента для довірчої ймовірності 95%.

Електролітичні плівки сплаву Ni-Fe, одержувані з метансульфонатного електроліту без спеціальних органічних сполук, при товщині 25 мкм характеризуються значними внутрішніми напругами розтягування, що призводить до розтріскування таких плівок та втрати їх зчеплення з основою. Введення сульфурвмісних органічних сполук в електроліт, а саме аллілсульфонату, приводить до значного, майже на порядок, зменшення внутрішніх напруг розтягнення гальванічних осадів сплавом Ni-Fe. збільшення концентрації аллілсульфонату натрію з 30 ммоль/л до 50 ммоль/л спостерігається стрибкоподібне зменшення внутрішніх напруг з виходом практично на сталі значення при подальшому додаванні цієї сполуки до електроліту. Збільшення густини струму сприяє більш ефективній дії аллілсульфонату натрію на структуру плівок Ni-Fe в контексті їх внутрішніх напруг. Ймовірно адсорбція цієї органічної речовини на поверхні катоду збільшується в області більш негативних потенціалів, що може бути пов'язано з її аніонною природою.

На відміну від аллілсульфонату натрію використання сахаринату натрію дозволяє отримувати плівки сплавом Ni-Fe без внутрішніх напруг. Концентрація цієї речовини, необхідна для повного усунення внутрішніх напруг, становить 6 ммоль/л.

Дослідження електрохімічної поведінки отриманих плівок Ni-Fe щодо реакції виділення водню з розчину, що містить 0.5 моль/л КОН показали, наявність електрокаталітичної активності цих плівок. Вольтамперні залежності виділення водню були отримані при використанні потенціостату MTech SPG-500fast. В якості робочого електрода використовували, платину, нікель, залізо і зразки з електроосадженими плівками сплаву Ni-Fe. Допоміжним електродом служила платина, а в якості електрода порівняння був застосований хлорид-срібний електрод марки ЕВЛ – 1М1, занурений у насичений розчин калію хлориду. Експерименти проводилися в електрохімічній комірці з термостійкого скла об'ємом 50 см³. Температура розчинів підтримувалася на рівні 50 °С за допомогою термостату марки УТ – 15 з точністю до 0.5 °С.

Висновки. Встановлено, що використання аллілсульфонату натрію дозволяє отримувати плівки Ni-Fe з високими електрокаталітичними властивостями. Перенапряга виділення водню з лужного електроліту на таких електродах є близькою до перенапруги на платині. Для отримання електрокаталізаторів Ni-Fe з низькими внутрішніми напругами і високою електрокаталітичною активністю щодо реакції виділення водню з лужного електроліту рекомендовано метансульфонатний електроліт з вмістом аллілсульфонату натрію 80-100 ммоль/л. Діапазон густин струму електроосадження становить 3 – 7 А/дм².

Список використаних джерел

1. ISO 14687:2025. (2019). *Hydrogen generators using water electrolysis – Industrial, commercial, and residential applications*. Retrieved from <https://www.iso.org/standard/69539.html>.
2. SAE J2719_202003. (2020). *Hydrogen Fuel Quality for Fuel Cell Vehicles*. Society of Automotive Engineers. Retrieved from https://www.sae.org/standards/content/j2719_202003.
3. Nefedov, V., Matveev, V., Sukhyy, K., Polishchuk, Yu., Bulat, A., Bluss, B. & Mukhachev, A. (2023). *Electrochemical production of hydrogen in reactors with reduced energy costs*. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci., 1156, 012034.

ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

Wolny P.	139
Drozdova L.M.	97
Dykan O.V.	97,105
Krykhtina Yu.O.	102
Mamray V.	83
Romanovych I.Ye.	102
Rykova Ya.O.	105
Sahbaz O.	83
Байдак С.Ю.	24
Банніков Д.О.	4,10
Богомаз В.М.	89,91,94,120
Бондар В.Ю.	57
Боренко М.В.	32,66
Боричева С.В.	35
Булгаков А.В.	118,128
Бутиріна Т.Є.	151
Василенко В.В.	42
Вернигора Р.В.	109
Вітольберг В.Г.	60,69
Воробйов Ю.Я.	16
Гернич М.В.	47,72
Горобець А.П.	133
Губар О.В.	72
Гудімов В.В.	147
Гута С.С.	27,112
Дармороз П.С.	80
Дейнека О.Г.	51
Демченко Є.Б.	35
Дорошенко А.Г.	45
Дубінчик О.І.	136
Ємельянова С.М.	45
Жаданос О.В.	133
Завгородній С.С.	130
Заруба О.В.	142
Іванов Р.В.	20
Ільницький І.М.	136
Каськів В.І.	130
Ковальов А.Ю.	51
Колеснікова Т.М.	74
Компанієць Є.В.	123

Костиця С.В.	30
Крамар І.Є.	112
Краснов Р.В.	42
Купрій В.П.	54
Купрік І.Б.	54
Курган Д.М.	24,38
Курган М.Б.	24,20
Лебідь І.Г.	123,127
Лужанська Н.О.	125
Лужицький О.Ф.	63
Лукашенко А.С.	69
Масний А.А.	32
Мацишин В.Г.	133
Місюра Є.А.	10
Москальов Г.Ю.	7
Мустафаєва Я.А.	57
Назаров О.А.	115
Нестеров Д.Ю.	27
Нефедов В.Г.	151
Новік Р.Б.	38
Окороков А.М.	142
Остапенко І.С.	4,72
Перепелиця К.М.	72
Поліщук Ю.В.	151
Пономаренко О.	74
Потапов Д.О.	60,69
Приймак М.В.	94
Примаченко В.Ф.	13
Пройдак Ю.С.	133
Прокопа О.І.	109
Процишен О.В.	47
Сарахман О.М.	100
Северченко Н.О.	51
Скнар І.В.	151
Скнар Ю.Є.	151
Соколова К.В.	86
Співак Д.С.	144
Стасенко С.С.	63
Сухий М.К.	151
Сушко С.В.	115

Тарасенко Д.К.	123
Тертичний В.В.	69
Тимошенко І.В.	91,107
Тітяпов В.І.	109
Ткач М.В.	30
Тютюкін О.Л.	77
Хмелевська Н.П.	24
Хоменко А.О.	118,128
Хоменко Ю.Л.	142

Хрипко І.С.	7
Чепурна К.О.	63
Черкудінов В.Е.	66
Чернова Н.С.	17,35,80,86
Чесак С.С.	60
Чеханюк Б.Є.	45
Шаптала О.І.	139
Щека І.М.	66

ЗМІСТ

ПАНЕЛЬНА ДИСКУСІЯ 1

«КРИТИЧНА ІНФРАСТРУКТУРА В УМОВАХ ГІБРИДНИХ ЗАГРОЗ: ВИКЛИКИ ТА СТРАТЕГІЧНІ РІШЕННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ»

ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ НАВАНТАЖЕНЬ ВІД ДІЇ СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ УРАЖЕННЯ

Остапенко І.С., Банніков Д.О.....4

АНАЛІЗ ПІДВИЩЕННЯ ЖИВУЧОСТІ ПІДРОЗДІЛІВ В РЕЗУЛЬТАТІ ВИКОРИСТАННЯ МОБІЛЬНИХ СТАЛЕВИХ УКРИТТІВ ДЛЯ ЗАХИСТУ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ.

Москальов Г.Ю., Хрипко І.С.....7

ОСОБЛИВОСТІ ЗАХИСТУ ОБ'ЄКТІВ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В УМОВАХ СУЧАСНИХ ЗАГРОЗ

Банніков Д.О., Місюра Є.А.....10

КРИМІНАЛЬНО-ПРАВОВИЙ ЗАХИСТ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В УКРАЇНІ: ПИТАННЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ ЧИННОГО ЗАКОНОДАВСТВА

Примаченко В.Ф.....13

РОЛЬ ПІДПРИЄМСТВ З ІНОЗЕМНИМИ ІНВЕСТИЦІЯМИ У ЗМІЦНЕННІ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ В УМОВАХ ГІБРИДНИХ ЗАГРОЗ

Чернова Н.С., Воробйов Ю.Я.17

СТІЙКІ ЛОГІСТИЧНІ ЛАНЦЮГИ ТА АДАПТИВНІ ХАБИ В УМОВАХ ГІБРИДНИХ ЗАГРОЗ

Курган М.Б., Іванов Р.В.....20

ІНТЕГРАЦІЯ КОЛІЙНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ 1520\1435 ММ ЯК ФАКТОР СТІЙКОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ЛАНЦЮГІВ В УМОВАХ ГІБРИДНИХ ЗАГРОЗ

Курган Д.М., Курган М.Б., Байдак С.Ю., Хмелевська Н.П.....24

ВРАЗЛИВІСТЬ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ ПЕРЕД ГІБРИДНИМИ ЗАГРОЗАМИ: ВИКЛИКИ ЗБРОЙНОГО КОНФЛІКТУ ТА ПІСЛЯВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ

Гута С.С., Нестеров Д.Ю.....27

ТРАНСПОРТНА ЛОГІСТИКА ПРИ ПЕРЕМІЩЕННІ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ПРЕДМЕТІВ: БЕЗПЕКА ТА НОРМАТИВИ

Костира С.В., Ткач М.В.....30

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАПЧАСТИН ТА ВИРОБІВ МЕТОДОМ 3D-ДРУКУ В ПОЛЬОВИХ УМОВАХ ПІДРОЗДІЛАМИ ДЕРЖСПЕЦТРАНССЛУЖБИ Боренко М.В., Масний А.А.....	32
--	----

ПОЛІТИКА ЄВРОПЕЙСЬКОГО СОЮЗУ У СФЕРІ ЦИФРОВОГО УПРАВЛІННЯ ТА СТАЛОГО РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В ЕПОХУ ГІБРИДНИХ ЗАГРОЗ Чернова Н.С., Демченко Є.Б., Боричева С.В.....	35
--	----

ПАНЕЛЬНА ДИСКУСІЯ 2

«ВІДНОВЛЕННЯ, ТА РОЗВИТОК ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ: ЕКОНОМІЧНІ, ВИРОБНИЧІ, ЛЮДСЬКІ ТА МІЖНАРОДНІ АСПЕКТИ СТРАТЕГІЧНОЇ ДІЇ У ПЕРІОД ВІЙНИ ТА ВІДБУДОВИ»

НАУКОВІ ЗАДАЧІ ЩОДО ВІДНОВЛЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ, ПОШКОДЖЕНИХ ВНАСЛІДОК БОЙОВИХ ДІЙ Курган Д.М., Новік Р.Б.....	38
--	----

РЕЦИКЛІНГ ВІДХОДІВ ПРОМИСЛОВОСТІ ЯК ПРІОРИТЕТНИЙ НАПРЯМ У ВІДБУДОВІ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ У ПОВОЄННИЙ ПЕРІОД Краснов Р.В., Василенко В.В.....	42
--	----

МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДИК КОРПУСУ ІНЖЕНЕРІВ АРМІЇ США ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ЛОГІСТИЧНИХ ЛАНЦЮГІВ В УМОВАХ ВІЙСЬКОВИХ ЗАГРОЗ Дорошенко А.Г., Чеханюк Б.Є.; Ємельянова С.М.....	45
--	----

ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ НА РІЗНИХ ЕТАПАХ ТИМЧАСОВОГО ВІДНОВЛЕННЯ ІШТУЧНИХ ТРАНСПОРТНИХ СПОРУД Гернич М.В., Процишен О.В.....	47
--	----

СТРАТЕГІЯ ЗЕЛЕНОЇ ЛОГІСТИКИ У ВІДНОВЛЕННІ ТА РОЗВИТКУ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВІЙНИ ТА ПІСЛЯВОЄННОЇ ВІДБУДОВИ Дейнека О.Г., Ковальов А.Ю., Северченко Н.О.....	51
--	----

ВПРОВАДЖЕННЯ ДОСВІДУ МІКРОТУНЕЛЮВАННЯ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ФОРТИФІКАЦІЙНИХ ПІДЗЕМНИХ ОБ'ЄКТІВ Купрій В.П., Купрік І.Б.....	54
--	----

СТРАТЕГІЧНЕ ПЛАНУВАННЯ ТА ПРІОРИТЕТИ ВІДНОВЛЕННЯ ТРАНСПОРТНОЇ
ІНФРАСТРУКТУРИ В УМОВАХ ВІЙНИ ТА ПІСЛЯВОЄННОЇ ВІДБУДОВИ

Бондар В.Ю., Мустафаєва Я.А.....57

ОЦІНКА СТАНУ ЗАЛІЗНИЧНОЇ КОЛІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ІНЕРЦІАЛЬНИХ
ВИМІРЮВАЛЬНИХ БЛОКІВ

Потапов Д.О., Вітольберг В.Г., Чесак С.С.....60

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ САМОВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ
В ТРАНСПОРТНІЙ ІНФРАСТРУКТУРІ

Лужицький О.Ф., Стасенко С.С., Чепурна К.О.....63

ЗАСТОСУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ ОЦІНЦІ ВАРІАНТІВ
ЛОГІСТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВНИЦТВА ФОРТИФІКАЦІЙНИХ СПОРУД

Щека І.М., Боренко М.В., Черкудінов В.Е.....66

ДО ПИТАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПОПЕРЕЧНОЇ СТІЙКОСТІ БЕЗСТИКОВОЇ
КОНСТРУКЦІЇ КОЛІЇ

Потапов Д.О., Вітольберг В.Г., Тертичний В.В., Лукашенко А.С.....69

ОПТИМІЗАЦІЯ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ ПРОГОНОВИХ БУДОВ
ПОНТОННИХ МОСТІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ПРОПУСКНОЇ СПРОМОЖНОСТІ

Остапенко І.С., Гернич М.В., Губар О.В., Перепелиця К.М.....72

ВІДНОВЛЕННЯ ТА РОЗВИТОК ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ

Колеснікова Т., Пономаренко О.....74

ТРАНСФОРМАЦІЯ ЦИВІЛЬНОЇ СТРАТЕГІЇ ОСВОЄННЯ ПІДЗЕМНОГО ПРОСТОРУ
ЯК ОСНОВА СТВОРЕННЯ НОВОЇ КОНЦЕПЦІЇ ЗАХИСТУ

Тютюкін О.Л.77

ІННОВАЦІЙНІ СТРАТЕГІЇ РОЗВИТКУ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ У
КОНТЕКСТІ ПІСЛЯВОЄННОЇ ВІДБУДОВИ ТА ЛОГІСТИЧНОЇ СТІЙКОСТІ
УКРАЇНИ

Чернова Н.С., Дармороз П.С.....80

SUSTAINABLE RECOVERY OF UKRAINE'S INFRASTRUCTURE WITHIN THE
ERASMUS+ GREENBUILD PROJECT FRAMEWORK: EUROPEAN EXPERIENCE,
REGIONAL BENEFITS, AND INNOVATIVE APPROACHES

Sahbaz O., Chernova N., Mamray V.....83

ГРАНТОВА ПІДТРИМКА ЯК ІНСТРУМЕНТ ВІДНОВЛЕННЯ ТА ІННОВАЦІЙНОГО
РОЗВИТКУ БІЗНЕСУ Й НАУКОВИХ УСТАНОВ УКРАЇНИ В УМОВАХ
ПІСЛЯВОЄННОЇ ВІДБУДОВИ

Чернова Н.С., Соколова К.В.....86

ПАНЕЛЬНА ДИСКУСІЯ 3

«БЕЗПЕКА ТА СТІЙКІСТЬ ЛОГІСТИЧНИХ І ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ В УМОВАХ ВОЄННИХ ЗАГРОЗ: ЕКОНОМІЧНІ ВИКЛИКИ, МІЖГАЛУЗЕВІ РІШЕННЯ, ЛЮДСЬКИЙ ФАКТОР ТА МІЖНАРОДНА ПІДТРИМКА»

ОСНОВНІ НАПРЯМКИ ОНОВЛЕННЯ ЕВАКУАЦІЙНИХ ЗАСОБІВ В ПІДРОЗДІЛАХ ДЕРЖСПЕЦТРАНССЛУЖБИ

Богомаз В.М.89

ПРО ОСНОВНІ НАПРЯМКИ ОНОВЛЕННЯ ПАРКУ ПАЛЕЗАБИВНИХ ЗАСОБІВ ПІДРОЗДІЛІВ ДЕРЖСПЕЦТРАНССЛУЖБИ

Тимошенко І.В., Богомаз В.М.91

ДЕЯКІ ПИТАННЯ ОНОВЛЕННЯ ПЕРЕСУВНИХ РЕМОНТНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

Богомаз В.М., Приймак М.В.94

CROSS-SECTORAL SOLUTIONS FOR REDUCING LOGISTICS COSTS UNDER MILITARY THREATS

Dykan O.V., Drozdova L.M.97

КОНТРАКТНА ЛОГІСТИКА ЯК СУЧАСНИЙ ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ ЛАНЦЮГАМИ ПОСТАВОК

Сарахман О.М.100

APPLICATION OF METAVERSE TECHNOLOGIES IN TRAINING LOGISTICS PROFESSIONALS TO STRENGTHEN THE SECURITY AND RESILIENCE OF SUPPLY CHAINS UNDER HYBRID THREATS

Krykhtina Yu.O, Romanovych I.Ye.102

ADAPTIVE MANAGEMENT OF ENTERPRISE LOGISTICS ACTIVITIES UNDER WARTIME CHALLENGES

Dykan O.V., Rykova Ya.O.105

ДЕЯКІ ПИТАННЯ ОНОВЛЕННЯ ПАРКУ ПЕРЕСУВНИХ РЕМОНТНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ІНЖЕНЕРНОЇ ТЕХНІКИ

Тимошенко І.В., Богомаз В.М.107

ЛОКОМОТИВНЕ ГОСПОДАРСТВО УКРАЇНИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ: ОСНОВНІ РИЗИКИ ТА НАПРЯМКИ ЇХ ПОДОЛАННЯ

Вернигора Р.В., Прокопа О.І., Тітяпов В.І.109

ПРОЦЕС ПЕРЕОСНАЩЕННЯ ДЕРЖАВНОЇ СПЕЦІАЛЬНОЇ СЛУЖБИ ТРАНСПОРТУ
ТЕХНІЧНИМИ ЗАСОБАМИ

Гута С. С., Крамар І.Є.....112

ЗАКОНОДАВЧІ ТА ІНЖЕНЕРНІ АСПЕКТИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТРАНСПОРТНОЇ
БЕЗПЕКИ ТА СТІЙКОСТІ ЛОГІСТИЧНИХ ЛАНЦЮГІВ

Сушко С.В., Назаров О.А.....115

ВИКОРИСТАННЯ ГЛАДКОСТВОЛЬНОЇ ЗБРОЇ ДЛЯ НАВЧАННЯ ОСОБОВОГО
СКЛАДУ ПРОТИДІЇ FPV ДРОНАМ

Хоменко А.О., Булгаков А.О.....118

ПРО ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ТА СТІЙКОСТІ АВТОМОБІЛЬНОГО
ТРАНСПОРТУ І ЛОГІСТИЧНИХ ЛАНЦЮГІВ В УМОВАХ ВОЄННИХ ЗАГРОЗ

Приймак М.В., Богомаз В.М.120

ПЕРСПЕКТИВИ ДІЯЛЬНОСТІ ТРАНСПОРТНО-ЕКСПЕДИТОРСЬКИХ
ПІДПРИЄМСТВ В УМОВАХ ВІЙНИ

Лебідь І.Г., Компанієць Є.В., Тарасенко Д.К.....123

РОЛЬ ВАНТАЖНИХ МИТНИХ КОМПЛЕКСІВ У ФОРМУВАННІ ЛОГІСТИЧНИХ
ЛАНЦЮГІВ В УМОВАХ ЗАГРОЗ

Лебідь Є.М., Лужанська Н.О.....125

ВИКОРИСТАННЯ ПРИСТРОЇВ СТЕНДОВОЇ СТРІЛЬБИ ДЛЯ НАВЧАННЯ
ОСОБОВОГО СКЛАДУ ПРОТИДІЇ FPV ДРОНАМ

Булгаков А.О., Хоменко А.О.....128

АКТУАЛЬНИЙ СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ УПРАВЛІННЯ МОСТОВИМ
ГОСПОДАРСТВОМ УКРАЇНИ

Каськів В.І., Завгородній С.С.....130

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОВОГО БАЛАНСУ ДУГОВОЇ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЇ ПЕЧІ
ПРИ ВИПЛАВЦІ ВИСОКОЛЕГОВАНИХ СТАЛЕЙ

Жаданос О.В., Горобець А.П., Пройдак Ю.С., Мацишин В.Г.....133

ВИКОРИСТАННЯ ДОСЯГНЕНЬ ЗАСТОСУВАННЯ ГВИНТОВИХ ПАЛЬ
ЗІ СПІРАЛЬНИМИ ЛОПАТТЯМИ ПРИ СПОРУДЖЕННІ ПЕРЕПРАВ ЧЕРЕЗ
РІЧКИ І ПЕРЕШКОДИ МІСЦЕВОСТІ

Дубінчик О.І., Ільницький І.М.....136

SECURITY AND RESILIENCE OF INTERNATIONAL LOGISTICS AND TRANSPORT SYSTEMS UNDER MILITARY THREATS: ECONOMIC CHALLENGES AND INTERNATIONAL COOPERATION (THE CASE OF POLISH–UKRAINIAN INTERACTION)

Wolny P., Shaptala O.I.....139

СТАБІЛЬНІ МАРШРУТНІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ В УМОВАХ ВІЙСЬКОВОГО СТАНУ – ЗАПОРУКА ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕКОНОМІКИ КРАЇНИ

Окороков А.М., Заруба О.В., Хоменко Ю.Л.....142

ОГЛЯД ЕФЕКТИВНИХ ВАРІАНТІВ ВЛАШТУВАННЯ ПРОЇЗНОЇ ЧАСТИНИ НА ТРУБОБЕТОННИХ ФЕРМАХ ІЗ КРУГЛИМИ ПОЯСАМИ

Співак Д.С144

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ЗАХОДІВ БЕЗПЕКИ ПРИ ЛОГІСТИЦІ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ

Гудімов В.В.147

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ МАТЕРІАЛІВ ВОДНЕВОГО ВИРОБНИЦТВА ДЛЯ ПОТРЕБ ТРАНСПОРТНОЇ ГАЛУЗІ

Поліщук Ю.В., Скар Ю. Є. , Скар І. В., Бутиріна Т. Є., Сухий М. К., Нефедов В. Г.....151

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

МАТЕРІАЛИ ДОПОВІДЕЙ

III Міжнародної
науково-практичної конференції

**ЛОГІСТИКА І ТРАНСПОРТНА БЕЗПЕКА:
ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ В КОНТЕКСТІ АНАЛІЗУ
СУЧАСНИХ ВИКЛИКІВ І ЗАГРОЗ
(20.11.2025)**

ABSTRACTS

III 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"
(20.11.2025)**

Українською та англійською мовами

Видається за загальною технічною редакцією
д.т.н., проф. Ю.С. Пройдака, І.С. Остапенка, К.М. Перепелиці
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

