

УДК 656.001.63:351.863:355.02(477)

Д. Ю. НЕСТЕРОВ<sup>1\*</sup>, Є. В. ХОМЕНКО<sup>2\*</sup>, В. І. ІВАНЧЕНКО<sup>3\*</sup>, Я. Ф. МУСТАФАЄВА<sup>4\*</sup>

<sup>1\*</sup> Центр досліджень Державної спеціальної служби транспорту вул. Набережна перемоги, 386, м. Дніпро, Україна, 49094, тел: +380675685603, ел. пошта: [2016ndu@gmail.com](mailto:2016ndu@gmail.com), ORCID: 0009-0004-5992-3069

<sup>2\*</sup> Центр досліджень Державної спеціальної служби транспорту вул. Набережна перемоги, 386, м. Дніпро, Україна, 49094, тел: +380661060309, ел. пошта: [ek70282@gmail.com](mailto:ek70282@gmail.com), ORCID: 0009-0006-7006-3439

<sup>3\*</sup> Центр досліджень Державної спеціальної служби транспорту вул. Набережна перемоги, 386, м. Дніпро, Україна, 49094, тел: +380502583994, ел. пошта: [naykaIvanchenko@gmail.com](mailto:naykaIvanchenko@gmail.com), ORCID: 0009-0008-2913-4965

<sup>4\*</sup> Центр досліджень Державної спеціальної служби транспорту вул. Набережна перемоги, 386, м. Дніпро, Україна, 49094, тел: +380500198158, [yanaeconomy10@icloud.com](mailto:yanaeconomy10@icloud.com), ORCID: 0009-0007-0215-204X

## ПЕРВИННІ РИЗИКИ ЄДИНОЇ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ УКРАЇНИ В УМОВАХ РОСІЙСЬКО-УКРАЇНСЬКОЇ ВІЙНИ

**Мета.** Метою дослідження є проведення систематичного аналізу причин та механізмів, що генерують первинні ризики для ЄТСУ та визначення можливих заходів протидії. **Методи.** Дослідження виконані на підставі аналізу наукових, аналітичних та нормативних джерел, присвячених оцінці стану транспортної інфраструктури України в умовах воєнних дій, з використанням методів системного аналізу, контент-аналізу даних міжнародних і національних звітів щодо пошкодження об'єктів ЄТСУ. **Результати.** Встановлено, що первинні ризики для ЄТСУ мають цілеспрямований характер і пов'язані з системним ураженням транспортних вузлів. Виявлено відсутність у чинній нормативній базі методики класифікації таких ризиків за типами фізичного впливу та рівнем загрози. Сформовано розширену типологію фізичних уражень для автомобільного, залізничного, морського, авіаційного та трубопровідного секторів, а також визначено зв'язки між військовими цілями атак і наслідками для інфраструктури. Узагальнення дозволило виокремити спільні системні вразливості ЄТСУ – енергетичну залежність, географічну концентрацію пошкоджень і критичність логістичних вузлів, що лягли в основу моделі оцінки ризиків і заходів їх мінімізації. **Наукова новизна.** Вперше здійснено комплексне дослідження спільних вразливостей ЄТСУ, які проявляються під час воєнних дій. Доведено, що ризики генеруються не лише прямими ударами по транспортних об'єктах, а й атаками на суміжні сектори, зокрема енергетичну інфраструктуру, що створює каскадний ефект паралічу електрифікованих ділянок залізничної. Обґрунтовано та емпірично підтверджено концепцію “вузлової вразливості” транспортної мережі України. Аналіз пошкоджень показав: стратегія агресора зосереджена на руйнуванні невеликої кількості критичних вузлів (мости, залізничні розв'язки, порти), що спричиняє непропорційно великі розриви у мережі та її системну деградацію. Введено в науковий обіг поняття “транспортних пустель” як довгострокового наслідку концентрованих атак, що веде до фізичної та соціально-економічної ізоляції регіонів. **Практична значимість.** Отримані результати можуть слугувати аналітичною основою для розроблення методики оцінювання та мінімізації первинних ризиків ЄТСУ, удосконалення державних програм захисту критичної інфраструктури, а також для підготовки практичних рекомендацій щодо планування інженерного укріплення транспортних вузлів і підвищення стійкості логістичних маршрутів у зоні бойових дій.

**Ключові слова:** Єдина транспортна система, первинні ризики, інфраструктура, безпека, логістика, життєдіяльність, критична інфраструктура.

### Вступ

Єдина транспортна система України є не просто економічним активом, а критично важливим елементом національного суверенітету, що забезпечує військову мобільність, соціальну зв'язність та економічну стійкість. Її стабільне функціонування є фундаментальною передумовою для оборони держави та її повоєнного відновлення. В умовах повномасштабної війни роль ЄТСУ трансформувалася, набувши критичного значення для перевезення військових вантажів, забезпечення мобільності військ, здійснення евакуаційних заходів для цивільного населення

та доставки гуманітарної допомоги. Таким чином, ЄТСУ є системою вищого порядку важливості для національної безпеки та сталого розвитку.

Повномасштабне вторгнення російської федерації з лютого 2022 року системно націлене на ЄТСУ. Воно виходить за рамки випадкових чи локальних ударів: стратегічний вибір критичних логістичних вузлів, залізничних коридорів, мостових переходів і портів комплексів свідчить про усвідомлену атаку на здатність країни розміщувати ресурси та резерви в часи кризи. Ця обставина створює окремий клас первинних ризиків – ризиків, що виникають безпосередньо у

момент військових дій і позначаються як фізичне руйнування компонентів інфраструктури. Первинні ризики не трансформуються опосередковано через економічні показники, а завдають негайних тактичних і оперативних втрат, що влучають у саму здатність до мобілізації та відновлення.

Існуючі аналітичні роботи, що вивчають наслідки агресії, здебільшого зосереджуються на кількісній оцінці збитків та вторинних економічних наслідках: падіння ВВП, обсяги пошкоджених активів, витрати на відбудову. Такий підхід важливий для макроекономічного планування, але він лишає поза увагою ланцюги прийняття воєнних рішень, тактичні схеми ураження та механізми вибору цілей, які породжують ці збитки.

Відсутність системного аналізу генезису первинних ризиків – тобто причинно-наслідкових ланцюгів, які формуються внаслідок військових рішень, типів озброєння, вибору цілей та ритму атак – створює аналітичну прогалину. Без її заповнення неможливо сформувати ефективні моделі прогнозування, захисту та адаптації транспортної системи до умов тривалої агресії.

#### **Аналіз останніх досліджень і публікацій**

Питанням функціонування транспортної системи України, аналізу її стану та визначенню перспектив розвитку присвячено значну кількість наукових праць вітчизняних дослідників. Їхні дослідження охоплюють економічну ефективність, інфраструктурний розвиток, оптимізацію логістики та інтеграцію до міжнародних мереж. У роботі Семенди Д. і Семенди О. [1] розглянуто адаптацію логістичних процесів до умов війни, перебудову маршрутів і втрати інфраструктурних зв'язків. Їх дослідження базуються на оцінці змін після 2022 року. У звіті Світового банку подано оцінку масштабів інфраструктурних руйнувань в Україні, зокрема понад 13 500 км доріг і близько 600 мостів [2]. Документ є основою для планування відновлення транспортної системи на державному рівні. Дослідники Киндич Т. та Радинський С. у своїй доповіді висвітлюють виклики, пов'язані з логістичними витратами й зміною маршрутів. Вони наголошують на потребі розвитку локальних транспортних мереж та посилення інфраструктурної адаптивності [3]. Питання кібербезпеки розглядається в наказі Державної служби спеціального зв'язку, де представлено методику оцінки захищеності об'єктів критичної інфраструктури, включаючи транспортний сектор [4]. У доповіді Національного інституту стратегічних

досліджень йдеться про пріоритети розвитку реального сектору економіки, де транспортна система розглядається як один із ключових елементів економічної безпеки держави [5]. Систематизація ризиків Єдиної транспортної системи знайшла відображення в аналітично-довідниковому матеріалі за редакцією полковника Є. Хоменка [6], де детально проаналізовано військові, логістичні та інституційні виклики, що поставили перед ЄТСУ у період 2022-2025 років. Таким чином, сучасні наукові та аналітичні джерела створюють підґрунтя для стратегічного осмислення ролі транспорту в умовах війни та формування національної політики щодо його відновлення та стійкості. Разом з тим питання причинно-наслідкових зв'язків первинних ризиків ЄТСУ приділено недостатньо уваги. Відтак слід розуміти, що первинні ризики є не випадковими побічними збитками, а навмисними, фізичними проявами послідовної російської військової стратегії, спрямованої на досягнення системного колапсу шляхом ураження критичних вузлів та експлуатації іманентних вразливостей системи.

#### **Мета статті**

Проведення систематичного аналізу причин та механізмів, що генерують первинні ризики для ЄТСУ та визначення можливих заходів протидії.

#### **Виклад основного матеріалу**

На початку необхідно визначити певні ключові поняття. В дослідженні «Ризики та вразливості критичної інфраструктури України в сучасних умовах російсько-української війни» сформульовано тетрада «Проблема-Вразливість-Загроза-Ризик», яка є основою для розуміння першопричин збоїв. Так, авторами ризик визначається як: «...потенційна шкода, що виникає внаслідок реалізації загрози, яка використовує існуючу вразливість. Ризик є функцією ймовірності реалізації загрози та масштабу потенційних наслідків». Тому ми будемо оперувати поняттям «ризик», адже як зазначають автори далі: «...оцінка ризиків об'єднує ймовірність реалізації загрози та потенційний масштаб наслідків усунення вразливостей і зниження ризиків – це проактивний підхід, який переходить від ліквідації наслідків до зміцнення системи» [7, с. 9].

Первинні ризики визначаються як прямі, кінетичні та фізичні впливи на транспортні активи. Прикладами є обвал прогону мосту, вирва

на злітно-посадковій смузі або зруйнований портовий термінал. Це початкова точка збою, з якої впливають усі інші наслідки. Важливо відрізнити первинні ризики від вторинних (наприклад, зростання логістичних витрат, втрата доходів) та каскадних (наприклад, вплив блокади портів на залізничну систему). Вторинні та каскадні ризики є наслідками первинних, але не є предметом цього дослідження. Таке розмежування дозволяє чітко окреслити межі аналізу.

Наукові дослідження стійкості інфраструктури часто використовують так звану концепцію «4R» (Robustness, Redundancy, Resourcefulness, Rapidity – Міцність, Надлишковість, Винахідливість, Швидкість), яка надає методологічну основу для оцінки як вразливостей, так і заходів реагування [8]. Сучасні конфлікти характеризуються навмисним розмиванням меж між цивільними та військовими об'єктами, що робить критичну інфраструктуру пріоритетною цілью. Це вимагає адаптації класичних підходів до аналізу ризиків з урахуванням стратегічних намірів супротивника.

Характер, масштаби та вибір цілей для фізичного руйнування свідчать про те, що генерація первинних ризиків є не побічним продуктом загальних бойових дій, а однією з ключових цілей російської кампанії. Це форма інфраструктурно-центричної війни. Наявні дані показують, що пошкодження розподілені нерівномірно; систематичних ударів зазнають конкретні типи активів: мости, тягові підстанції залізниці, портові зернові термінали. Військовий аналіз підтверджує наявність російської стратегії, спрямованої на ураження критичної інфраструктури з метою паралізації економіки та військової логістики України. Отже, первинний ризик (наприклад, зруйнований міст) слід розглядати не як випадкову подію, а як результат цілеспрямованого впливу, що має на меті порушення функціональної цілісності інфраструктурної системи. Такий підхід передбачає переосмислення характеру загроз: вони не є технічними збоями, а реалізованими намірами противника. Відповідно, акцент має бути зміщений із локального реагування на формування комплексної моделі захисту, яка поєднує превентивні, адаптивні та відновлювальні компоненти.

Військова стратегія російської федерації відкрито передбачає ураження критичної інфраструктури для досягнення стратегічних цілей: економічного примусу, порушення військових ліній постачання (блокування) та деморалізації

цивільного населення [9]. Ця доктрина є основою для систематичних атак на ЄТСУ, перетворюючи її на поле бою. Аналіз показує, як ця доктрина трансформується у вибір конкретних типів цілей, що можна згрупувати за функціональним призначенням:

- вузли логістичного блокування. Ключові мости через великі річки (наприклад, Дніпро, Інгулець), залізничні вузли та тунелі стають цільми для розриву наземних ліній комунікацій (Ground Lines of Communication, GLOCs), ізоляції українських військ та перешкоджання потоку західної військової допомоги [6].

- точки економічного виснаження. Портові термінали (порти “Великої Одеси”, Миколаїв, дунайські порти Ізмаїл, Рені, Усть-Дунайськ), зернові елеватори та промислові залізничні гілки систематично атакуються з метою знищення експортного потенціалу України, який є ключовим джерелом державних доходів [6].

- цілі для енергетичного паралічу. Масовані атаки на енергетичну інфраструктуру навесні 2024 року, що призвели до знищення значних генеруючих потужностей (наприклад, Трипільської ТЕС та ДніпроГЕС), є прямим ударом по ЄТСУ. Знищення джерел генерації електроенергії є більш стратегічним підходом, ніж ураження окремих тягових підстанцій, оскільки це спричиняє каскадний ефект, що паралізує електрифіковану залізницю на великих ділянках [7].

Цілі для енергетичного паралічу: Тягові підстанції залізниці, що живлять електропоїзди та великі нафтобази стають цільми для знерухомилення як військового, так і цивільного транспорту, створюючи системний параліч.

Російські війська систематично атакують інфраструктуру “подвійного призначення” – активи, такі як великі залізничні вокзали та мости, що використовуються як цивільними, так і військовими. Це створює сприятливий юридичний наратив для атак, які максимізують шкоду цивільному населенню та поширюють терор, зберігаючи при цьому видимість військової легітимності. Міжнародне гуманітарне право (МГП) забороняє прямі напади на цивільні об'єкти, але дозволяє атакувати військові цілі, залишаючи об'єкти “подвійного призначення” у “сірій зоні” [10]. Для систематизації та наочного представлення виявлених первинних ризиків, їх причинних факторів, механізмів реалізації та наслідків, було розроблено розширену матрицю первинних ризиків (табл. 1).

Розширена матриця первинних ризиків для ЄТСУ 2022–2024 рр

| Сектор транспорту   | Первинний ризик (фізичне пошкодження)                | Причинний фактор (військова мета)                                                | Механізм реалізації (система озброєння / тактика)                                       | Ілюстративні приклади та оновлені дані про збитки (станом на кінець 2024 р.)                                                                     |
|---------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Автомобільний       | Руйнування дорожнього покриття                       | Уповільнення пересування військ та логістики                                     | Артилерійські обстріли, авіаудари, рух важкої бронетехніки                              | Пошкоджено понад 26 000 км доріг; збитки \$28,3 млрд.                                                                                            |
|                     | Обвал прогонів мосту                                 | Блокування наземних ліній комунікацій (GLOCs)                                    | Високоточні удари балістичними/крилатими ракетами (напр., “Іскандер”, “Кинджал”)        | Зруйновано або пошкоджено 346 мостів на підконтрольних територіях, зокрема Антонівський міст та міст біля Чорноморська.                          |
| Залізничний         | Руйнування вокзалу та колій                          | Тероризування цивільного населення, блокування евакуації та військової логістики | Удар балістичною ракетою “Точка-У” з касетною бойовою частиною; удари по інфраструктурі | Удар по вокзалу в Краматорську (загинула 61 особа); пошкодження вокзалу в Дніпрі (квітень 2024); загальні збитки \$4,3 млрд.                     |
|                     | Знищення пасажирських вагонів                        | Ураження військового ешелону (заявлено РФ)                                       | Удар балістичною ракетою «Іскандер»                                                     | Удар по станції Чаплине (загинуло 25 осіб).                                                                                                      |
|                     | Знищення тягової підстанції / генеруючих потужностей | Параліч електрифікованого транспорту                                             | Масована атака дронів-камікадзе або крилатих ракет                                      | Систематичні удари по тягових підстанціях УЗ; знищення Трипільської ТЕС та ДніпроГЕС у 2024 році.                                                |
| Морський / Річковий | Руйнування портів терміналів/елеваторів              | Економічне виснаження, зрив експорту зерна                                       | Удари крилатими ракетами (“Калібр”, “Іскандер-К”) та дронами                            | Систематичні атаки на порти Одеси, Чорноморська та Дунаю (2024-2024); пошкоджено понад 280 об’єктів портової інфраструктури; збитки \$0,85 млрд. |
|                     | Мінування морських акваторій                         | Блокада судноплавства, створення зони заборони доступу                           | Розгортання морських якірних та дрейфуючих мін                                          | Забруднення мінами північно-західної акваторії Чорного моря.                                                                                     |
| Авіаційний          | Руйнування злітно-посадкових смуг та терміналів      | Досягнення переваги в повітрі, параліч авіасполучення                            | Координовані ракетні удари на початку вторгнення; періодичні удари по аеродромах        | Пошкоджено 19 цивільних аеропортів; збитки \$2 млрд.                                                                                             |
| Трубопровідний      | Пошкодження компресорних станцій та ПСГ              | Порушення транзиту газу; геополітичний тиск                                      | Ракетні удари та атаки БпЛА по наземній інфраструктурі                                  | Удари по ПСГ на заході України (весна 2024).                                                                                                     |

\* Таблицю складено авторами на основі джерел [6, 11, 12, 14]

Удари по залізничних вокзалах у Краматорську та Чаплиному були виправдані росією як удари по “військових ешелонах” [11]. Однак ці вокзали були відомими великими центрами евакуації цивільного населення, а час та тип озброєння (наприклад, касетні боеприпаси в Краматорську) були невибірковими та спрямованими

на максимальну кількість жертв серед цивільних [12]. Це свідчить про навмисний процес: обирається ціль, яка є беззаперечно важливою для військової логістики (що робить її “легітимною” ціллю за поблажливого тлумачення МГП), але водночас є місцем скупчення цивільних. Атака досягає військової мети – порушення логістики



– і одночасно тероризує населення, що є порушенням принципу розрізнення [13]. Це не просто військовий злочин, а системна практика, що використовує неоднозначність міжнародного права як зброю. Детальний аналіз атак на залізничні вокзали по Краматорську (ракета “Точка-У” з касетною бойовою частиною) та Чаплиному (ракета “Іскандер”), свідчить про навмисне ураження саме місць скупчення пасажирів та рухомого складу [11].

Окремим свідченням еволюції стратегії росії стали цілеспрямовані атаки у серпні 2025 року на компресорні станції Оператора ГТС України на Одещині. Ці об’єкти є ключовими елементами Трансбалканського газопроводу, який використовується для постачання газу з LNG-терміналів Греції та тестових обсягів азербайджанського газу до українських підземних сховищ (ПСГ) та потенційно до Європи. Ця атака є не просто військовою дією проти України. Вона демонструє перетворення кінетичної зброї на інструмент міжнародного енергетичного шантажу. Ураження інфраструктури, критично важливої для диверсифікації постачання газу до Європи, є прямим сигналом не лише Києву, а й його європейським партнерам та альтернативним постачальникам, таким як Азербайджан. Таким чином, російська федерація демонструє свою здатність фізично знищити будь-яку інфраструктуру, що загрожує її монополії на енергетичному ринку, переносючи поле бою у геополітичний вимір.

Аналіз автомобільної та мостової інфраструктури показує застосування двох різних підходів. Високоточні удари балістичними та крилатими ракетами, такими як «Іскандер», спрямовані на критичні структурні елементи мостів (опори, прогони) для забезпечення їх повного руйнування та тривалого виведення з ладу [15]. На відміну від цього, артилерійські обстріли та авіаудари по ключових автомагістралях мають на меті створення вирв та пошкодження дорожнього покриття для ускладнення та уповільнення руху транспорту. Наслідком є структурний колапс понад 344 великих мостів, що розірвало регіональні зв’язки та змусило транспорт рухатися довгими об’їзними шляхами. Масштабні пошкодження понад 26,000 км дорожнього покриття призвели до прискореного зносу транспортних засобів та значного уповільнення логістики.

Окремим напрямком є систематичні удари по тягових підстанціях з метою знеструмлення мережі та зупинки руху електропоїздів, які склада-

ють основу залізничних перевезень [14]. Як наслідок – пряме фізичне руйнування вокзалів, систем сигналізації та понад 507 км колій. Втрата локомотивів та вагонів. Ключовим фізичним наслідком є створення «електричних пустель» на залізничній мережі, що змушує використовувати менш ефективні та дорожчі дизельні локомотиви, знижуючи пропускну здатність усієї системи.

Систематичне використання крилатих ракет та дронів-камікадзе для знищення конкретних портових активів: зернових силосів, перевантажувальних кранів, резервуарів з паливом в портах Одеси, Чорноморська та на Дунаї. Окремим процесом є масштабне та невибіркове мінування північно-західної акваторії Чорного моря, що створює довготривалу фізичну загрозу. Прояв – в фізичному руйнуванні понад 200 об’єктів портової інфраструктури. Наявність сотень морських мін, як якірних, так і дрейфуючих, що становлять пряму фізичну загрозу для будь-якого судна, фактично перетворюючи сам морський простір на зброю.

Авіаційна інфраструктура зазнала критичних пошкоджень після першої хвилі атак 24 лютого 2022 року, яка включала скоординовані удари по злітно-посадкових смугах, командно-диспетчерських пунктах, радіолокаційних станціях та системах ППО на всіх великих цивільних аеродромах. Мета – досягнення негайного паралічу повітряного простору. В результаті – повна фізична нейтралізація 19 цивільних аеропортів. Пошкодження включають вирви на злітно-посадкових смугах, зруйновані термінали (наприклад, у Харкові, Херсоні) та втрату критично важливого навігаційного обладнання, що робить їх непридатними для використання в осяжному майбутньому.

Синтез наведених вище даних про ураження транспортної інфраструктури свідчить про те, що вразливість ЄТСУ сконцентрована в її вузлах: мостах, залізничних розв’язках, портах, підстанціях. Руйнування відносно невеликої кількості цих вузлів створює непропорційно великі фізичні розриви в мережі. Це є класичним постулатом теорії мереж, застосованим до інфраструктурної війни, де метою є не тотальне знищення, а виведення з ладу ключових елементів для досягнення максимального ефекту за мінімальних витрат.

Залежність як залізничного (тягові підстанції), так і міського транспорту (тролейбусні/трамвайні підстанції) від централізованої національної енергосистеми є критичною спільною вра-

зливистю. Атака на енергетичний об'єкт одночасно є атакою на транспортну систему, що ілюструє міжсекторальний первинний ризик, який оминає пряме ураження транспортних активів. Це робить енергетичну інфраструктуру пріоритетною ціллю для досягнення каскадного ефекту, що паралізує кілька секторів одночасно.

Картографування подій, пов'язаних з первинними ризиками, виявляє значну концентрацію фізичних пошкоджень у прифронтових областях, (Донецька, Харківська, Херсонська, Луганська, Запорізька, Сумська, Чернігівська) та вздовж ключових логістичних коридорів. Сукупний ефект концентрованих первинних ризиків у певних регіонах призводить до створення «транспортних пустель» – територій, де щільність зруйнованих мостів, замінованих доріг та недіючих залізниць фізично ізолює громади від решти країни. Це є стратегічним, а не лише тактичним результатом. Дані свідчать про інтенсивні руйнування в конкретних регіонах. Наслідком є не просто «зламаний міст тут, пошкоджена дорога там», а системний збій усієї регіональної мережі. Ця ізоляція унеможливує доставку гуманітарної допомоги, економічну діяльність та повернення переміщених осіб, що фактично сприяє депопуляції та ускладнює майбутню реінтеграцію. Таким чином, спільність географічної концентрації ризиків є не просто статистикою, а доказом процесу стратегічної ізоляції, що перетворює військову кампанію фізичного руйнування на довгостроковий інструмент демографічного та економічного інжинірингу.

В результаті виникає питання: яким чином можна зупинити або зменшити наслідки первинних ризиків, зосереджуючись на запобіганні або негайному пом'якшенні фізичного впливу.

**Активний рівень захисту (запобігання ризикам).** Аналіз ролі багаторівневих систем протиповітряної оборони є ключовим. Сучасні зенітно-ракетні комплекси, такі як Patriot та IRIS-T, відіграють вирішальну роль у запобіганні матеріалізації первинних ризиків, перехоплюючи засоби ураження (ракети, дрони) до того, як вони досягнуть цілі [16]. Це найефективніша, хоча й найбільш ресурсозатратна, стратегія мінімізації. Ефективність ППО безпосередньо корелює зі здатністю захистити критичну інфраструктуру та зменшити кількість фізичних пошкоджень.

**Пасивний захист та інженерна стійкість (зменшення наслідків).** Дослідження заходів пасивного захисту, що використовуються для зменшення фізичних пошкоджень у разі влучання, є важливим. Це включає використання габіонів, мішків з піском та бетонних укріплень

для захисту критичних компонентів, таких як трансформатори на тягових підстанціях [17].

Крім того, концепція “Відбудувати краще, ніж було” (Build Back Better) пов'язує реконструкцію з іманентною стійкістю. Йдеться не просто про відновлення, а про перепроєктування з урахуванням стійкості: використання міцніших матеріалів, створення надлишковості (наприклад, альтернативних маршрутів) та впровадження принципів розосередження для зменшення привабливості окремих цілей.

Критичну функцію у пом'якшенні негайних наслідків первинного ризику виконують спеціалізовані інженерні підрозділи, такі як Державна спеціальна служба транспорту. Їхній досвід у швидкому розгортанні тимчасових та модульних мостів (наприклад, типів Bailey, Acrow) є яскравим прикладом застосування принципу “Швидкості” (Rapidity) з концепції стійкості для відновлення зв'язності мережі та мінімізації тривалості збоїв [18]. Ця здатність до оперативного ремонту є ключовим елементом підтримки функціонування транспортних коридорів в умовах постійних атак.

Невідворотність покарання має виступати як стримуючий фактор. Окрім фізичних заходів безпеки, ключову роль у стримуванні агресора відіграє правовий вимір. Атаки, подібні до цілеспрямованого удару по заповненому цивільними вокзалу в Краматорську, є не просто трагедією, а воєнним злочином за міжнародними законами, такими як Римський статут та Женевські конвенції.

Коли кожна така атака чітко й голосно називається злочином, а винні переслідуються на міжнародному рівні, це стає потужним попередженням для інших. Створення прецеденту, де за вбивство мирних людей настає реальна відповідальність, є довгостроковим запобіжником проти найжахливіших проявів агресії та свідомого створення небезпеки для цивільних. Це перетворює абстрактні норми права на реальний інструмент захисту.

### Наукова новизна

1. Вперше здійснено комплексне дослідження спільних вразливостей ЄТСУ, які проявляються під час воєнних дій. Доведено, що ризики генеруються не лише прямими ударами по транспортних об'єктах, а й атаками на суміжні сектори, зокрема енергетичну інфраструктуру, що створює каскадний ефект паралічу електрифікованих ділянок залізниць.

2. Обґрунтовано та емпірично підтверджено концепцію “вузлової вразливості” транспортної мережі України. Аналіз пошкоджень показав: стратегія агресора зосереджена на руйнуванні невеликої кількості критичних вузлів (мости, залізничні розв’язки, порти), що спричиняє непропорційно великі розриви у мережі та її системну деградацію.

3. Введено в науковий обіг для контексту воєнних дій поняття “транспортних пустель” як довгострокового стратегічного наслідку концентрованих атак, що веде до фізичної та соціально-економічної ізоляції регіонів.

### Напрямки майбутніх досліджень

Для подальшого поглиблення розуміння проблеми пропонуються такі напрямки досліджень.

Кількісне моделювання та предикативний аналіз, що передбачає розробку математичних та імітаційних моделей для прогнозування ймовірних цілей атак на основі аналізу попередніх ударів, а також для оцінки каскадних відмов унаслідок комбінованих кінетичних та кібератак на взаємопов’язані системи (транспорт, енергетика, комунікації).

Дослідження довгострокових (10–20 років) наслідків створення «транспортних пустель» для соціальної згуртованості, регіональної ідентичності та довіри до державних інституцій у постраждалих громадах, з метою розробки ефективних стратегій повоєнної реінтеграції.

Інженерна стійкість та інноваційні технології відновлення, що передбачають аналіз балансу між швидкістю відновлення функціональності (“Build Back Fast”) та довгостроковою стійкістю (“Build Back Better”) в умовах триваючого конфлікту. Оцінка доцільності та масштабованості застосування передових інженерних рішень, таких як модульне будівництво та нові композитні матеріали, безпосередньо в зоні бойових дій.

Адаптація міжнародного гуманітарного права в напрямку розробки пропозицій щодо еволюції норм міжнародного гуманітарного права для усунення правової неоднозначності щодо об’єктів «подвійного призначення». Це включає адаптацію принципів розрізнення та пропорційності для адекватного врахування довгострокових та опосередкованих наслідків атак на мережеву інфраструктуру.

Проведення порівняльних стратегічних досліджень тактик та цілей ураження цивільної інфраструктури в Україні, Сирії та Ємені для виявлення спільних закономірностей та розробки єдиної теорії інфраструктури

ктурно-центричної війни, що дозволить краще прогнозувати та протидіяти цій загрозі на глобальному рівні.

### Висновки

Встановлено, що первинні ризики є прямим наслідком цілеспрямованої та адаптивної стратегії росії, яка полягає у фізичному руйнуванні критичних вузлів транспортної та пов’язаної з нею енергетичної інфраструктури. Аналіз підтвердив, що російська стратегія еволюціонувала від ураження окремих об’єктів до завдання комплексних ударів по енергетичних та газотранспортних системах для досягнення максимального каскадного ефекту та економічному паралічу держави.

Розроблена розширена матриця первинних ризиків, вперше пов’язує військові цілі агресора з конкретними типами фізичних уражень інфраструктури. На основі цього аналізу було виокремлено ключові системні вразливості ЄТСУ: енергетичну залежність, критичність логістичних вузлів та географічну концентрацію руйнувань, що веде до стратегічної ізоляції цілих регіонів (“транспортні пустелі”).

Практична значущість дослідження полягає в тому, що його результати надають аналітичну основу для переходу від стратегії реактивного ремонту до проактивного захисту. Запропоновані заходи протидії, що включають активний захист (системи ППО), пасивний інженерний захист (укріплення вузлів), оперативну стійкість (швидке відновлення силами спеціалізованих підрозділів) та міжнародно-правовий тиск, створюють підґрунтя для розробки комплексної державної політики. Це дозволяє змістити парадигму від “відновлення як було” до “стійкості за задумом” (Resilience by Design), інтегруючи принципи захищеності та надлишковості ще на етапі проектування.

### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Семенда Д. К., Семенда О. В. Адаптація транспортно-логістичної галузі України в умовах війни: виклики та перспективи. *Актуальні питання сучасної економіки : матеріали XVI Всеукраїнської наукової конференції* (м. Умань, 14 листопада 2024 р.). Умань : УНУС, 2024. С. 179–180. URL: <https://www.academia.edu/125704638>
2. *Ukraine - Fourth Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA4): February 2022 - December 2024*. World Bank. URL: <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/099022025114040022>

3. Киндич Т. В., Радинський С. В. Логістика в умовах війни. *Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту: матеріали XVIII Міжнародної науково-практичної конференції* (м. Вінниця, 21–23 березня 2024 р.). Вінниця : ВНТУ, 2024. С. 112–113. URL: [https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/45175/2/FMZKP\\_2024\\_Kyndych\\_T-Logistics\\_in\\_conditions\\_112-113.pdf](https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/45175/2/FMZKP_2024_Kyndych_T-Logistics_in_conditions_112-113.pdf)

4. Про затвердження Методики та Критеріїв і показників оцінки стану захищеності об'єктів критичної інфраструктури : наказ Адміністрації Державної служби спеціального зв'язку та захисту інформації України від 14.01.2025 № 17. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0375-25#Text>

5. *Пріоритети розвитку реального сектора в умовах війни : аналітична доповідь*. Національний інститут стратегічних досліджень. Київ : НІСД, 2024. 23 с. URL: [https://niss.gov.ua/sites/default/files/2024-02/ad\\_realsektor-2023.pdf](https://niss.gov.ua/sites/default/files/2024-02/ad_realsektor-2023.pdf)

6. Хоменко Є. В., Нестеров Д. Ю., Ємел'янова С. М. *Ризики єдиної транспортної системи України в сучасних умовах українсько-російської війни : аналітично-довідковий матеріал*. Дніпро : Центр Досліджень, 2025. 77 с. URL: <https://www.academia.edu/130212204/>

7. Хоменко Є. В., Нестеров Д. Ю., Ємел'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/>

8. *Critical Infrastructure Resilience in Ukraine: Energy, Transportation, and Communication : Risk and Resilience Report*. Center for Security Studies (CSS), ETH Zurich. Zurich, 2024. 64 p. DOI: <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000662463>

9. Росія змінила тактику ударів по енергетичній інфраструктурі України – FT. *Укрінформ – актуальні новини України та світу*. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-ato/3849939-rosia-zminila-taktiku-udariv-po-energeticnij-infrastrukturii-ukraini-ft.html>

10. *Правові рамки для оцінки використання морення голодом в Україні*. Just Security. URL: <https://www.justsecurity.org/81335/legal-frameworks-for-assessing-the-use-of-starvation-in-ukraine-ua/>

D. NESTEROV, Y. KHOMENKO, V. IVANCHENKO, Y. MUSTAFAIEVA

11. Дейна А. РФ підтвердила удар по Чаплиному, не згадавши, що серед загиблих – діти. *Дзеркало тижня | Mirror Weekly*. URL: <https://zn.ua/ukr/UKRAINE/rf-pidтверdila-udar-po-chaplyno-zamovkavshi-shcho-sered-zahiblikh-diti.html>

12. *Ракетний удар по вокзалу Краматорська: розслідувачі підтвердили причетність армії РФ*. ТСН.ua. URL: <https://tsn.ua/ato/raketniy-udar-po-vokzalu-kramatorska-rozsliduvachi-pidтверdili-scho-zatakovyu-stoyit-armiya-rf-2277928.html>

13. *Як міжнародне гуманітарне право захищає цивільних осіб під час війни?* Товариство Червоного Хреста України. URL: <https://redcross.org.ua/news/2025/05/113363/>

14. Кулакова К. Росія атакує інфраструктуру Укрзалізниці, у Defense Express назвали головну мету ворога і як можна йому завадити. *NV.ua*. 2024. 28 липня. URL: <https://nv.ua/ukr/ukraine/events/rf-b-ye-pozaliznichniy-infrastrukturii-ukrajini-analitiki-nazvali-golovnu-metu-voroga-i-yakiy-ye-vihid-50532895.html>

15. Міллер І. «Іскандери», «Калібри» та «Кинджали»: характеристики ракет, якими РФ б'є по Україні. *ГЛАВКОМ*. URL: <https://glavcom.ua/country/incidents/iskanderi-jikh-analohi-i-kharakteristiki-1016239.html>

16. Михайлишин В. Протиповітряна оборона відіграватиме все більшу роль у війні: огляд аналітики. *Повернись живим*. 2024. 1 березня. URL: <https://savelifе.in.ua/materials/analytics/protypovitryana-oborona-vidihravaty-me-vs/>

17. Дейна А. Енергосистема України будує три рівні захисту від обстрілів, але блекаути можливі: яким буде захист. *Вільне радіо*. 2023. 23 листопада. URL: <https://freeradio.com.ua/enerhosistema-ukrainy-buduie-try-rivni-zakhystu-vid-obstriliv-ale-blekauty-mozhlyvi-ia-kym-bude-zakhyst/>

18. Нойгард А. Як в Україні відновлюють мости, зруйновані війною. *Свій дім*. 2024. 10 травня. URL: <https://sviydim.media/articles/rebuilt/yak-v-ukrayiny-vidnovlyuyut-mosty-zrujnovani-vijnoyu/>

Надійшла в редколегію 23.10.2025

Прийнята до друку 14.01.2026

## PRIMARY RISKS OF THE UNIFIED TRANSPORT SYSTEM OF UKRAINE IN THE CONDITIONS OF THE RUSSIAN-UKRAINIAN WAR

**Purpose.** The purpose of the study is to conduct a systematic analysis of the causes and mechanisms that generate primary risks for the Unified Transport System of Ukraine (UTSU) and to determine possible countermeasures. **Methods.** The research was carried out on the basis of an analysis of scientific, analytical and regulatory sources devoted to assessing the state of the transport infrastructure of Ukraine in conditions of military operations, using methods of system analysis, content analysis of data from international and national reports on damage to UTSU facilities. **Results.** It was established that the primary risks for UTSU are targeted in nature and are associated with systemic damage to transport nodes. The absence of a methodology for classifying such risks by types of physical impact and



level of threat in the current regulatory framework was revealed. An expanded typology of physical damage was formed for the automobile, railway, maritime, aviation and pipeline sectors, and the connections between military targets of attacks and consequences for the infrastructure were also determined. The generalization allowed us to identify common systemic vulnerabilities of the Unified Transport System of Ukraine – energy dependence, geographical concentration of damage, and the criticality of logistics nodes, which formed the basis of the risk assessment model and measures to minimize them. **Scientific novelty.** For the first time, a comprehensive study of the common vulnerabilities of the ETS, which manifest themselves during military operations, has been carried out. It has been proven that risks are generated not only by direct strikes on transport facilities, but also by attacks on adjacent sectors, in particular energy infrastructure, which creates a cascading effect of paralysis of electrified railway sections. The concept of “nodal vulnerability” of the transport network of Ukraine has been substantiated and empirically confirmed. Damage analysis has shown that the aggressor’s strategy is focused on the destruction of a small number of critical nodes (bridges, railway junctions, ports), which causes disproportionately large gaps in the network and its systemic degradation. The concept of “transport deserts” has been introduced into scientific circulation as a long-term consequence of concentrated attacks, which leads to the physical and socio-economic isolation of regions. **Practical significance.** The results obtained can be used as an analytical basis for developing a methodology for assessing and minimizing primary UTSU risks, improving state programs for the protection of critical infrastructure, as well as for preparing practical recommendations for planning engineering reinforcement of transport nodes and increasing the resilience of logistics routes in the combat zone.

*Keywords:* Unified Transport System, primary risks, infrastructure, security, logistics, resilience, critical infrastructure.