https://doi.org/10.36100/dorogimosti2023.27.042

УДК:656.135.073

Пасічник А. М.[1], *д-р фіз.-матем. наук, проф., https://orcid.org/0000-0002-8561-1374*
Лебідь І. Г.[2], *канд. техн. наук, доц., https://orcid.org/0000-0003-0707-4179*
Каськів В. І.[3], *канд. техн. наук, доц., http://orcid.org/0000-0002-8074-6798*
Стасюк Б. О.[3], *доктор філософії з економіки, https://orcid.org/0000-0003-2504-6577*
Лебідь Є. М.[2], *канд. техн. наук, доц., https://orcid.org/0000-0003-1794-8060*

[1] *Аналітично-науковий центр Придніпровське відділення МАКНС, м. Дніпро, Україна*
[2] *Національний транспортний університет (НТУ), м. Київ, Україна*
[3] *Державне підприємство «Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М.П. Шульгіна» (ДП «ДерждорНДІ»), м. Київ, Україна*

АНАЛІЗ ТА ОЦІНКА ОБСЯГІВ ФІНАНСУВАННЯ ВІДНОВЛЕННЯ ТРАНСПОРТНОЇ ТА ЦИВІЛЬНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ

Анотація

Вступ. Критична, зокрема транспортна і цивільна інфраструктури є одним із визначальних факторів стабільного та ефективного функціонування економіки і розвитку держави. У зв'язку з цим, для організації робіт з відновлення та модернізації української інфраструктури, ушкодженої в результаті російської агресії, надзвичайно важливо встановити необхідні обсяги фінансування вказаних робіт, що дозволить забезпечити більш сприятливі умови для визначення джерел фінансування, строків і відповідних ресурсів для їх виконання.

Проблематика. Широкого спектра ушкоджень і руйнувань зазнали достатньо велика сукупність об'єктів транспортної і цивільної інфраструктури, що унеможливлює їх точне визначення. На теперішній час в основному відомі узагальнені статистичні дані про масштаби таких втрат. Тому розроблення методичних підходів побудови апроксимаційних оцінок необхідних обсягів фінансування робіт з відновлення та модернізації української транспортної і цивільної інфраструктури є достатньо актуальною як з наукової, так і з практичної позиції.

Мета. Розроблення математичної моделі та відповідного алгоритму розрахунку апроксимаційної оцінки необхідних обсягів фінансування робіт з відновлення та модернізації транспортної і цивільної інфраструктури. Проведення аналізу даних про обсяги їх руйнувань та ушкоджень, завданих у результаті російської агресії.

Матеріали та методи. Статистичні дані та узагальнені оцінки обсягів ушкоджень і руйнувань транспортної і цивільної інфраструктури України. Експертна оцінки витрат на відновлення об'єктів інфраструктури. Методи математичного моделювання, системного та статистичного аналізу втрат завданих економіці країни.

Результати. Виконано аналіз даних про обсяги руйнувань та ушкоджень основних об'єктів транспортної і цивільної інфраструктури України. На основі запропонованого підходу розраховано апроксимаційні оцінки обсягів фінансування, необхідних для виконання робіт з їх відновлення.

Висновки. Наведені результати дослідження показують, що прямі витрати на відновлення транспортної і цивільної інфраструктури становитимуть понад $ 252,2 млрд, а, відповідно, непрямі витрати з урахуванням коефіцієнта 1,2 – $ 302,6 млрд. Таким чином, у найближчі роки необхідно забезпечити виконання робіт з модернізації та відновлення української інфраструктури загальним обсягом понад $ 554,8 млрд.

Ключові слова: автомобільна дорога, відбудова, залізниця, інфраструктура, міст, об'єкт енергетики, транспорт.

Вступ

Критична, зокрема транспортна і цивільна інфраструктура є одним із визначальних чинників стабільного та ефективного функціонування економіки і розвитку держави [1]. Тому проєктом оперативної відбудови пошкодженої інфраструктури України Fast Recovery, передбачається першочергове відновлення критично важливої інфраструктури із загальним бюджетом у майже $ 17,4 млрд [2]. Відповідно для організації робіт з відновлення та модернізації української інфраструктури, ушкодженої в результаті російської агресії, надзвичайно важливо встановити необхідні обсяги фінансування вказаних робіт, що дозволить забезпечити більш сприятливі умови для визначення джерел фінансування, строків і відповідних ресурсів для їх виконання.

Аналіз останніх досліджень і постановка проблеми. У публікаціях, присвячених питанням оцінки збитків завданих інфраструктурі України в результаті російської агресії наводяться значення в діапазоні $ 90 – $ 600 млрд. Так, у виступі прем'єр-міністра України на Всесвітньому економічному форумі в Давосі, збитки завдані економіці України визначені у розмірі $ 600 млрд [3]. За даними Міністерства економіки Україна втратила понад 560 мільярдів доларів через війну [4].

Оцінка фізичних й економічних втрат України під час війни, проведена Національним банком України, стартує від $ 90 млрд, тобто приблизно від половини минулорічного ВВП [5]. На основі цих результатів базується і публікація в журналі Форбс [6]. На запропонованій методологічній основі і достатньо системно проводиться робота з оцінювання економічних втрат у дослідженнях Аналітичного центру Київської школи економіки, відповідно з якими станом на 08.09.2022 прямі збитки економіки становлять $ 114,5 млрд і динамічно зростають із кожним днем продовження війни [7, 8]. За оцінками Уряду, з урахуванням всіх категорій втрат, загальна потреба у фінансуванні відновлення та модернізації економіки складає $ 750 млрд [8]. Питання оцінки витрат на відновлення транспортної інфраструктури розглядаються також в публікації [9].

Широкий спектр ушкоджень і руйнувань достатньо великої сукупності об'єктів транспортної і цивільної інфраструктури практично унеможливлює їх точне визначення. На теперішній час в основному відомі узагальнені статистичні дані про масштаби таких втрат, що й пояснює різні значення в наведених вище оцінках. Тому розроблення методичних підходів побудови апроксимаційних оцінок необхідних обсягів фінансування робіт з відновлення та модернізації української транспортної і цивільної інфраструктури є достатньо актуальною як з наукової, так і з практичної позиції.

Основна частина

На теперішній час великі обсяги та масштаби руйнувань інфраструктури України унеможливлюють оперативне проведення їх ефективного аналітичного обліку. Тому для проведення апроксимаційних розрахунків будемо використовувати в основному узагальнені оцінки про обсяги руйнувань і відомі характеристики відповідних об'єктів інфраструктури. Схему застосування пропонованого підходу розглянемо на прикладі побудови оцінок для основних кластерів об'єктів критичної інфраструктури: автомобільних доріг загального користування, залізничної інфраструктури та мостів.

Однією із основних складових дорожньо-транспортного комплексу країни є залізничний транспорт, який забезпечує майже 80 % вантажних і 35 % пасажирських перевезень від загальних обсягів. Залізничний транспорт України має важливе значення в системі реалізації основних транс'європейських транспортних коридорів: Схід – Захід, Балтика – Чорне море. Експлуатаційна мережа залізниць України складає 21,6 тис. км, з яких 10,1 тис. км (46,8 %) — електрифіковано,

8,5 тис. км (39,4 %) є дво- і багатоколійними. Вантажонапруженість українських залізниць (річний обсяг перевезень на 1 км) значно перевищує відповідний показник розвинених європейських країн. У результаті російської агресії проти України відновлення потребує близько 25 % залізничної інфраструктури [3]. Обсяги відновлення інфраструктури у цьому випадку можна визначати за формулою:

$$V_{\text{u}} = k_{\text{u}} \cdot V_{\text{s}}, \tag{1}$$

де V_{s} — основна кількісна характеристика об'єкта інфраструктури;
k_{u} — коефіцієнт ушкодження об'єкта інфраструктури (від 0 до 1);
V_{u} — обсяги ушкодження об'єкта інфраструктури, що потребують відновлення.

Відповідно з наведеними даними за формулою (1) отримуємо:

$$V_{\text{u}}^{\text{z}} = 0,25 \cdot 21\ 600 = 5\ 400.$$

Таким чином, необхідно забезпечити відбудову близько 5 400 км залізничних магістралей. Вартість відбудови кожного виду ушкодженої інфраструктури:

$$S_{\text{u}} = q_{\text{p}} \cdot V_{\text{u}}, \tag{2}$$

де S_{u} — вартість відбудови об'єкта інфраструктури;
q_{p} — питома вартість відбудови об'єкта інфраструктури.

З урахуванням вартості побудови 1 км сучасних залізничних колій [10] за формулою (2) отримуємо:

$$S_{\text{u}}^{\text{z}} = 2 \cdot 5\ 400 = 10\ 800 \text{ млн дол.}$$

При цьому при проведенні робіт з відновлення для покращення техніко-експлуатаційних можливостей інфраструктури мережі залізниць України необхідно провести їх модернізацію та технічне переоснащення з урахуванням таких завдань:

– підвищення пропускної спроможності мережі залізниць України;
– впровадження для високошвидкісних перевезень безшумних і ефективних залізничних колій за технологією «Оксамитовий шлях» [11];
– оновлення та модернізація основних фондів;
– забезпечення інноваційного розвитку і технічне та технологічне переоснащення українських залізниць за європейськими стандартами;
– розроблення проєкту перебудови колій українських залізниць на стандартну ширину 1435 мм.

Сукупні витрати на проведення робіт з відновлення всіх ушкоджених об'єктів інфраструктури визначаються як сукупність витрат на будівництво кожної складової:

$$S = S_{\text{u1}} + S_{\text{u2}} + \ldots + S_{\text{un}}, \tag{3}$$

де n — число ушкоджених об'єктів інфраструктури.

Також суттєвих ушкоджень в результаті російської агресії зазнали автомобільні дороги України. Так як проведення бойових дій завжди потребує логістичної підтримки, а саме: доставки

боєприпасів, продовольства, військової техніки, медикаментів, перевезення поранених та інше, то виникає гостра потреба в транспортно-логістичному забезпеченні, особливо гостро це стосується автомобільних доріг, якими транспортуються та переміщуються військова техніка й особовий склад. Всього загальна протяжність автомобільних доріг областей, в яких проходили бойові дії, складає 67 582 км (Дніпропетровська — 9 148 км, Донецька — 8 086 км, Житомирська — 8 524 км, Запорізька — 6 980 км, Київська — 8 555 км, Луганська — 5 874 км, Сумська — 7 209 км, Харківська — 9 614 км, Херсонська — 5 023 км, Чернігівська — 7 717 км). При цьому із 169,6 тис. км автомобільних доріг 25,5 тис. км потребують проведення робіт з відновлення [3]. За експертними оцінками, вартість будівництва 1 км автомобільної дороги II категорії із асфальтобетонним покриттям становить близько $2 млн [12]. Таким чином, за формулою (2) вартість відбудови автомобільних доріг ушкодженої інфраструктури становитиме:

$$S_{\text{u}}^{\text{a}} = 2 \cdot 25\,500 = 51\,000 \text{ млн дол.}$$

Зазначимо також, що недосконаліть інфраструктури, у першу чергу транспортної, раніше вважалась експертами одним із основних факторів, що заважають веденню бізнесу в Україні. Саме автомобільні дороги до 2018 року знаходилися у найгіршому стані серед інших видів транспортної інфраструктури в Україні. Так протягом 2014 – 2018 рр. індекс якості автомобільних доріг коливався від 2,2 до 2,4, у той час, як індекс портової інфраструктури знаходився у межах 3,2 – 3,5, інфраструктури авіаційного транспорту — 3,7 – 4,0, залізничного транспорту — 3,9 – 4,3. У цілому, середній показник категорій всієї мережі автомобільних доріг загального користування нижче III категорії, а дороги міжнародного значення знаходяться на рівні II категорії. Внаслідок цього середня швидкість руху автомобільними дорогами України менша, ніж у європейських країнах, а відповідно, приведені витрати на транспортування вантажу у вітчизняних компаній значно вищі. Так, наприклад, частка витрат на перевезення пшениці до порту відправлення в Україні складає 18 % у загальних логістичних витратах, тоді як в ЄС — 8 %, у США — 6 %. Загалом, для покращення транспортно-експлуатаційного стану автомобільних доріг необхідно здійснювати ремонт близько 40 тис. км щорічно.

Необхідно також враховувати, що одним із переважаючих чинників, який негативно впливає на стан покриття автомобільних доріг — є перенавантажені транспортні засоби. Наприклад, вимогами Директиви Ради ЄС № 96/53/ЄС від 25.07.1996, які чинні як в Україні, так і в країнах Європи, максимально дозволена загальна маса чотиривісної вантажівки з двома керованими осями становить 32 тонни. Проте, пунктами зважування в русі, на тих автомобільних дорогах загального користування в Україні де вони установлені, зафіксовані часті порушення вагового режиму, зокрема до 80 тонн. Такий стан справ призводить до інтенсивного руйнування дорожнього покриття і дорожнього одягу в цілому.

Одним із напрямків вирішення цієї проблеми на сучасному етапі ми вбачаємо у будівництві автомобільних доріг із цементобетонним покриттям, наприклад, як автомобільна дорога державного значення Н-31 Дніпро – Решетилівка [13]. Для прикладу, у США на теперішній час в окремих штатах цементобетонні покриття складають понад 30 % від протяжності федеральних автомобільних доріг, при загальній довжині мережі близько 6,68 млн км. І близько 60 % Interstate Highway System, тобто мережі доріг між штатами загальною протяжністю близько 73 000 км. Частка автомагістралей, які мають цементобетонне покриття у Німеччині становить близько 25 % від всієї протяжності дорожньої мережі (626 800 км). В Австрії приблизно 2/3 довжини магістральних доріг (motorways) мають цементобетонне покриття.

Залежно від типу конструкції покриття жорсткого дорожнього одягу, якості бетону тощо мінімальний строк експлуатації таких доріг без капітального ремонту становить понад 40 років. Зокрема, у двох містах США (Х'юстон, Даллас) автомобільні дороги із цементобетонним покриттям були побудовані ще у 60-ті роки минулого століття та успішно справляються із

сучасними навантаженнями і знаходяться в працездатному стані без жодного ремонту. Ще однією з важливих переваг таких доріг є той факт, що їх можна використовувати в якості злітно-посадкових смуг. Також необхідно передбачити прокладання спеціально підготовлених доріг для переміщення важкої військової техніки паралельно основним магістралям. Таким чином, будівництво й експлуатація нової мережі автомобільних доріг дасть низку переваг порівняно з існуючими дорогами, дозволить підвищити якість транспортного сполучення, а також покращити військову логістику.

При виборі технологій відновлення інфраструктури та, зокрема, виду покриття автомобільних доріг, потрібно враховувати локалізацію виробництва основних дорожньо-будівельних матеріалів. Для автомобільних доріг із асфальтобетонним покриттям, на теперішній час, ця частка орієнтовно становить близько 20 %, і близько 90 % для автомобільних доріг із цементобетонним покриттям. Існує ціла низка передумов і переваг на користь доріг із жорстким дорожнім одягом, тобто із цементобетонним покриттям, зокрема: відсутність бітуму вітчизняного виробництва; постійне підвищення цін на бітум та висока імпортозалежність; міцність та деформативні властивості, у цементобетонних покриттів практично не залежать від температури та вологості повітря, а тому вони краще розподіляють напруження, що виникають від прикладеного навантаження в будь-яку пору року; практично відсутні залишкові деформації в теплу пору року, тобто немає колієутворення, яке характерне для нежорстких дорожніх одягів; незначний знос внаслідок стирання та високий коефіцієнт зчеплення протягом тривалого проміжку часу; завдяки світлому кольору, цементобетон відбиває на 30-50 % більше світла, ніж асфальтобетон, тобто має краще світловідбивання в темну пору доби; значний строк служби покриттів із цементобетону порівняно із асфальтобетоном, це стосується як загалом до строку служби покриття, так і до міжремонтних строків; значно краща екологічність порівняно із покриттями на бітумних в'яжучих.

Ще однією із нагальних проблем, яка потребує особливої уваги – є стан транспортних споруд, зокрема мостів і мостових переходів. За даними КМУ повністю зруйновано або ушкоджено 322 мости [3], на сьогодні ця цифра уже більша. При плануванні та проведенні відновлювальних робіт необхідно враховувати, що на автомобільних дорогах загального користування обліковується 16 160 мостів, із них потребують термінового ремонту (тобто знаходяться у 5 експлуатаційному стані) — 357 мостів.

На основі аналізу даних щодо вартості будівництва мостів [14] будемо вважати, що вартість відбудови стандартного бетонного мосту становитиме в середньому $ 50 тис. за 1 п.м., а відповідно середня довжина відновлення — 30 п.м. Тоді орієнтовна вартість вказаних робіт буде становити:

$$S_{\text{u}}^{\text{м}} = 0,05 \cdot (322 \cdot 30) = 483 \text{ млн дол.}$$

Результати розрахунків необхідних обсягів фінансування на відновлення об'єктів інфраструктури, отримані на основі запропонованого апроксимаційного підходу, наведені для транспортно-промислової та енергетичної інфраструктури в **табл. 1** та для цивільної інфраструктури в **табл. 2**.

Таблиця 1

Обсяги фінансування відновлення транспортно-промислової та енергетичної інфраструктури

Кластери об'єктів інфраструктури	Обсяг відбудови	Вартість відбудови на 1 од., млн $	Вартість відбудови, млн $	Частка у загальному обсязі, %
Залізнична інфраструктура, км	(21 600 · 0,25)	2,00	**10 800,00**	8,14

Кінець таблиці 1

Кластери об'єктів інфраструктури	Обсяг відбудови	Вартість відбудови на 1 од., $ млн	Вартість відбудови, $ млн	Частка у загальному обсязі, %
Залізнична техніка, од.	20,00	100,00	**2 000,00**	3,02
Автомобільні дороги, км	25 500,00	2,00	**51 000,00**	38,46
Мости та мостові переходи, м	(322 · 30)	0,05	**483,00**	0,36
Портова інфраструктура, од.	3,00	350,00	**900,00**	0,68
Цивільні аеропорти, од.	(18 · 0,33)	5 600,00	**33 596,64**	0,95
Військові аеродроми, од.	(10 · 0,33)	5 600,00	**18 664,80**	0,53
Нафтобази, од.	28,00	5,00	**140,00**	0,11
Сільськогосподарська техніка, од.	43700,00	0,025	**1 092,50**	0,82
Автобуси і вантажні автомобілі, од.	35000,00	0,025	**875,00**	0,66
Легкові автомобілі, од.	105 200,00	0,02	**2 104,00**	1,59
Літак Ан 225 «Мрія», од.	1,00	1 000,00	**1 000,00**	0,75
Адміністративні будівлі, од.	500,00	6,00	**3 000,00**	2,26
Об'єкти та активи підприємств	200	150,00	**3 0000,0**	22,62
Агропромисловий комплекс [7]			**17 500,0**	13,20
Об'єкти енергетики, од.	31,00	200,00	**6 200,00**	5,84
Разом			**132604,30**	**100,00**

Таблиця 2

Обсяги фінансування відновлення цивільної інфраструктури

Кластери об'єктів інфраструктури	Обсяг відбудови	Вартість відбудови на 1 од., $ млн	Вартість відбудови, $ млн	Частка у загальному обсязі, %
Багатоквартирні будинки	15 100	5,00	**75 500,0**	63,14
Приватні будинки	114 700	0,25	**28 675,0**	23,98
Заклади охорони здоров'я	903	4,20	**3 792,6**	3,17
Заклади середньої освіти	2 000	1,50	**3 000,0**	2,51
Заклади вищої освіти	217	6,00	**1 302,0**	1,09
Дитячі садочки	764	5,00	**3 820,0**	3,19
Заклади культури	634	5,00	**3 170,0**	2,65
Релігійні споруди	64	5,00	**320,0**	0,27
Торгові центри	27	10,00	**270,0**	0,23
Магазини	1 990	1,00	**1 990,0**	1,66
Разом			**119 579,6**	**100,00**

Висновки

Наведені результати дослідження показують, що прямі витрати на відновлення транспортної та цивільної інфраструктури становитимуть понад $ 252,2 млрд, а відповідно непрямі витрати з урахуванням коефіцієнта 1,2 – $ 302,6 млрд. Таким чином, у найближчі роки необхідно забезпечити виконання робіт з модернізації та відновлення інфраструктури загальним обсягом понад $ 554,8 млрд.

Зазначимо, що наведені оцінки враховують лише основні обсяги витрат на відновлення критичної інфраструктури станом на час проведення оцінки. Тому з урахуванням залежності необхідних обсягів відбудови від тривалості війни та її інтенсивності, а також всіх складових, зокрема розмінування, відновлення трудового потенціалу та інших незазначених чинників, загальні обсяги витрат можуть збільшитись у 1,5 – 2,0 рази до понад $ 1 трлн. Така оцінка кореспондується з оцінкою Європейського інвестиційного банку, яка визначається у 1,1 трлн доларів (~ трильйона євро) [15].

Для проведення робіт з відновлення інфраструктури в таких обсягах необхідно забезпечити залучення міжнародних інвестицій і бізнесу.

Список літератури

1. Пасічник А.М., Лебідь І.Г., Кутирєв В.В. Транспортно-логістична інфраструктура України: проблеми та перспективи розвитку. *Управління проектами, системний аналіз і логістика*. Київ. 2012. Вип. 10. С. 192–198.

2. Проект оперативної відбудови критично важливої інфраструктури України Fast Recovery. URL: https://www.ukrinform.ua/rubric-uarazom/3522083-op-rozrobiv-plan-operativnoi-vidbudovi-socialnoi-infrastrukturi-ukraini-fast-recovery.html (дата звернення: 18.02.2023).

3. Виступ прем'єр-міністра України на Всесвітньому економічному форумі в Давосі. URL: https://www.kmu.gov.ua/mediagallery/premyer-ministr-denis-shmigal-vistupiv-v-ukrayinskomu-domi-u-davosi-25-travnya (дата звернення: 18.02.2023).

4. Україна втратила понад 560 мільярдів доларів через війну. URL: https://business.rayon.in.ua/news/500975-ukraina-vtratila-ponad-560-milyardiv-dolariv-cherez-viynu (дата звернення: 18.02.2023)

5. Звіт про фінансову стабільність, червень 2022 року (НБУ). URL: https://bank.gov.ua/ua/news/all/zvit-pro-finansovu-stabilnist-cherven-2022-roku (дата звернення: 29.12.2022)

6. Оцінки фізичних економічних втрат України під час війни стартують від $90 млрд, тобто приблизно від половини минулорічного ВВП. URL: https://forbes.ua/inside/ukrainska-ekonomika-cherez-viynu-vtratila-blizko-100-mlrd-yaki-ruynuvannya-koshtuvali-ukraini-naybilshe-rozrakhunki-nbu-11052022-5956 (дата звернення: 18.02.2023).

7. Прямі збитки економіки України через війну перевищили 108 мільярдів доларів – KSE. URL: https://www.epravda.com.ua/news/2022/08/2/689923/ (дата звернення: 18.02.2023).

8. Загальна сума прямих збитків інфраструктури зросла до $114,5 млрд. URL: https://kse.ua/ua/about-the-school/news/zagalna-suma-pryamih-zbitkiv-infrastrukturi-zrosla-do-114-5-mlrd/ (дата звернення: 18.02.2023).

9. Пасічник А.М. Проблеми модернізації та відновлення інфраструктури транспортних магістралей в Україні. *Збірник наукових праць І-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції «Транспорт: наука та практика»*. Сєвєродонецьк, 2022. С. 132–137.

10. Скоростная железная дорога Киев-Одесса будет стоить почти миллиард евро. Одесский курьер. Транспорт. URL: https://stroyone.com/bridge/skolko-stoit-metr-mosta.html (дата звернення: 18.02.2023).

11. Технологія «Оксамитовий шлях». URL: http://www.uintei.kiev.ua/transfer/offer.php?slang=ua&offid=3943 (дата звернення: 18.02.2023).

12. Названа стоимость строительства 1 км дороги в Украине. Центр транспортных стратегий. URL: https://cfts.org.ua/news/2020/10/01/nazvana_stoimost_stroitelstva_1_km_dorogi_v_ukraine_61054 (дата звернення: 18.02.2023).

13. Пасічник А.М., Лебідь І.Г., Мірошниченко С. В. Напрямки організації швидкісного автотранспортного сполучення Київ – Дніпро. *Системи та технології*. Дніпро. 2019. №1(57). С. 124–140. DOI: https://doi.org/10.32836/2521-6643-2019-1-57-8.

14. Сколько стоит метр моста? Строительный HUB. URL: https://stroyone.com/bridge/skolko-stoit-metr-mosta.html (дата звернення: 18.02.2023).

15. Ukraine Reconstruction May Cost $1.1 Trillion. EIB Head Says. URL: https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-06-21/ukraine-reconstruction-may-cost-1-1-trillion-eib-head-says (дата звернення: 18.02.2023).

References

1. Pasichnyk A.M., Lebid I.H., Kutyrev V. V. Transportno-lohistychna infrastruktura Ukrainy: problemy ta perspektyvy rozvytku (Transport and logistics infrastructure of Ukraine: problems and prospects) *Management of projects, system analysis and logistics*. Kyiv, 2012. Vol. 10. P. 192–198. DOI: https://doi.org/10.32836/2521-6643-2019-1-57-8 [in Ukrainian].

2. Proekt operatyvnoyi vidbudovy krytychno vazhlyvoyi infrastruktury Ukrayiny Fast Recovery [Project of operational reconstruction of critical infrastructure of Ukraine Fast Recovery]. URL: https://www.ukrinform.ua/rubric-uarazom/3522083-op-rozrobiv-plan-operativnoi-vidbudovi-socialnoi-infrastrukturi-ukraini-fast-recovery.html (Last accessed: 18.02.2023) [in Ukrainian].

3. Vystup premyer-ministra Ukrayiny na Vsesvitnomu ekonomichnomu forumi v Davosi [Speech of the Prime Minister of Ukraine at the World Economic Forum in Davos] URL: https://www.kmu.gov.ua/mediagallery/premyer-ministr-denis-shmigal-vistupiv-v-ukrayinskomu-domi-u-davosi-25-travnya (Last accessed: 18.02.2023) [in Ukrainian].

4. Ukrayina vtratyla ponad 560 milyardiv dolariv cherez viynu [Ukraine lost more than 560 billion dollars due to the war]. URL: https://business.rayon.in.ua/news/500975-ukraina-vtratila-ponad-560-milyardiv-dolariv-cherez-viynu (Last accessed: 18.02.2023) [in Ukrainian].

5. Zvit pro finansovu stabilnist, cherven 2022 roku (NBU) [Report on financial stability, June 2022 (NBU)]. URL: https://bank.gov.ua/ua/news/all/zvit-pro-finansovu-stabilnist-cherven-2022-roku (Last accessed: 29.12.2022) [in Ukrainian].

6. Otsinky fizychnykh ekonomichnykh vtrat Ukrayiny pid chas viyny startuyut′ vid $90 mlrd, tobto pryblyzno vid polovyny mynulorichnoho VVP [Estimates of Ukraine's physical economic losses during the war start at $90 billion, i.e. approximately half of last year's GDP]. URL: https://forbes.ua/inside/ukrainska-ekonomika-cherez-viynu-vtratila-blizko-100-mlrd-yaki-ruynuvannya-koshtuvali-ukraini-naybilshe-rozrakhunki-nbu-11052022-5956 (Last accessed: 18.02.2023) [in Ukrainian].

7. Pryami zbytky ekonomiky Ukrayiny cherez viynu perevyshchyly 108 milyardiv dolariv – KSE [The total amount of direct infrastructure damage increased to $114.5 billion]. URL: https://www.epravda.com.ua/news/2022/08/2/689923/ (Last accessed: 18.02.2023) [in Ukrainian].

8. Zahalna suma pryamykh zbytkiv infrastruktury zrosla do $114,5 mlrd [The total amount of direct infrastructure damage increased to $114.5 billion. URL: https://kse.ua/ua/about-the-school/news/zagalna-suma-pryamih-zbitkiv-infrastrukturi-zrosla-do-114-5-mlrd/ (Last accessed: 18.02.2023) [in Ukrainian].

9. Pasichnyk A.M. Problemy modernizatsiyi ta vidnovlennya infrastruktury transportnykh mahistraley v Ukrayini [Problems of modernization and restoration of the infrastructure of transport highways in Ukraine]. *Zbirnyk naukovykh prats I-yi Vseukrayins'koyi naukovo-praktychnoyi konferentsii «Transport: nauka ta praktyka»*. Syevyerodonetsk, 2022. P. 132–137 [in Ukrainian].

10. Skorostnaya zheleznaya doroha Kyev-Odessa budet stoyt pochty myllyard evro. Odesskyy kurier. Transport [The Kyiv-Odessa high-speed railway will cost almost a billion euros. Odessa courier. Transport]. URL: https://stroyone.com/bridge/skolko-stoit-metr-mosta.html (Last accessed: 18.02.2023) [in Ukrainian].

11. Tekhnolohiya «Oksamytovyy shlyakh» ["Velvet Road" technology]. URL: http://www.uintei.kiev.ua/transfer/offer.php?slang=ua&offid=3943 (Last accessed: 18.02.2023) [in Ukrainian].

12. Nazvana stoymost stroytelstva 1 km dorohy v Ukrayne. Tsentr transportnykh stratehyy. ([Named cost of construction of 1 km of road in Ukraine. Center for Transport Strategies]. URL: https://cfts.org.ua/news/2020/10/01/nazvana_stoimost_stroitelstva_1_km_dorogi_v_ukraine_61054 (Last accessed: 18.02.2023) [in Ukrainian].

13. Pasichnyk A.M., Lebid I.H., Miroshnichenko S. V. Napryamky orhanizatsiyi shvydkisnoho avtotransportnoho spoluchennya Kyiv – Dnipro [Directions of high speed organization motor transport report Kyiv–Dnepro. Systems and Technologies]. *Systemy ta tekhnolohiyi*. Dnipro, 2019. №1(57). P. 24–140. DOI: https://doi.org/10.32836/2521-6643-2019-1-57-8 [in Ukrainian].

14. Skolko stoyt metr mosta? Stroytelnyy HUB [How much does a meter of a bridge cost? Construction HUB]. URL: https://stroyone.com/bridge/skolko-stoit-metr-mosta.html (Last accessed: 18.02.2023) [in Ukrainian]

15. Ukraine Reconstruction May Cost $1.1 Trillion. EIB Head Says https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-06-21/ukraine-reconstruction-may-cost-1-1-trillion-eib-head-says (Last accessed: 18.02.2023) [in English].

Anatolyi Pasichnyk[1], *D.Sc., Prof., https://orcid.org/0000-0002-8561-1374*
Iryna Lebid[2], *Ph.D., Associate Prof., https://orcid.org/0000-0003-0707-4179*
Volodymyr Kaskiv[3], *Ph.D., Associate Prof., http://orcid.org/0000-0002-8074-6798*
Bohdan Stasiuk[3], *Ph.D., https://orcid.org/0000-0003-2504-6577*
Ievgenii Lebid[2], *Ph.D., Associate Prof., https://orcid.org/0000-0003-1794-8060*
[1] *Analytical and Scientific Center Dnieper Branch of the International Academy of Computer Science and Systems, Dnipro, Ukraine*
[2] *National Transport University (NTU), Kyiv, Ukraine*
[3] *M.P. Shulgin State Road Research Institute State Enterprise – DerzhdorNDI SE, Kyiv, Ukraine*

ANALYSIS AND ASSESSMENT OF THE VOLUME OF FINANCING RESTORE OF TRANSPORT AND CIVIL INFRASTRUCTURE OF UKRAINE

Abstract

Introduction. Critical infrastructure, including transport and civilian infrastructure, is one of the determining factors for the stable and efficient functioning of the economy and development of the state. In this regard, in order to organize the restoration and modernization of Ukrainian infrastructure damaged as a result of Russian aggression, it is extremely important to determine the necessary amount of funding for these works, which will provide more favorable conditions for determining the sources of funding, timing and appropriate resources for their implementation.

Problem Statement. A wide range of damage and destruction has been sustained by a fairly large number of transport and civilian infrastructure facilities, making it impossible to determine their exact extent. At present, generalized statistics on the scale of such losses are mostly known. Therefore, the development of methodological approaches to building approximation estimates of the required amount of funding for the restoration and modernization of Ukrainian transport and civil infrastructure is quite relevant from both a scientific and practical point of view.

Purpose. To develop a mathematical model and an appropriate algorithm for calculating an approximation of the required amount of funding for the restoration and modernization of transport and civil infrastructure. To analyze the data on the extent of their destruction and damage caused by the Russian aggression.

Materials and Methods. Statistical data and generalized estimates of the extent of damage and destruction of Ukraine's transport and civilian infrastructure. Expert estimates of the costs of restoring infrastructure. Methods of mathematical modeling, systematic and statistical analysis of losses to the country's economy.

Results. The data on the volume of destruction and damage to the main objects of transport and civil infrastructure of Ukraine were analyzed. On the basis of the proposed approach, approximations of the amount of funding required for their restoration are calculated.

Conclusion. The results of the study show that direct costs for the restoration of transport and civil infrastructure will amount to more than $ 252.2 billion, and, accordingly, indirect costs, taking into account the coefficient of 1.2 – $ 302.6 billion. Thus, in the coming years, it is necessary to ensure the implementation of modernization and restoration of Ukrainian infrastructure totaling more than $ 554.8 billion.

Keywords: road, reconstruction, railroad, infrastructure, bridge, facility energy, transport..