

**Осетрін М. М., к.т.н., професор** (Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, osetrin.mm@knuba.edu.ua, n.osetrin@gmail.com), **Беспалов Д. О., асистент** (Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, bespalov.do@knuba.edu.ua, dmitry.bespalov@me.com)

## **ВИКОРИСТАННЯ НАЦІОНАЛЬНОЇ ТРАНСПОРТНОЇ МОДЕЛІ УКРАЇНИ ДЛЯ ПРІОРИТИЗАЦІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ЗРУЙНОВАНОЇ ЧИ ПОШКОДЖЕНОЇ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ**

**Після перемоги над країною-агресором, Російською Федерацією, перед Україною неодмінно постане питання повернення до нормального життя, для чого необхідне відновлення зруйнованих та пошкоджених інфраструктурних об'єктів. Транспортна інфраструктура входить до переліку критично важливих для функціонування економіки зокрема та держави загалом. Аналогічне стосується і до міст України, тому відновлювати саме транспортну інфраструктуру потрібно першочергово.**

**Оцінку технічному стану та можливості для подальшої обмеженої або повноцінної експлуатації пошкодженої транспортної інфраструктури дадуть відповідні технічні фахівці. Транспортні ж планувальники можуть оцінити вцілілі рештки так званої «транспортної пропозиції» та можливий «транспортний попит» для визначення «вузьких місць» та пріоритетів щодо відновлювальних робіт.**

**Війна в Україні триває, але ЄС вже будує плани реконструкції. З цією метою Єврокомісія хоче створити так званий стратегічний план реконструкції під назвою «Відбудувати Україну».**

**Відбудова зруйнованої війною інфраструктури України займе понад 10 років, а кошти, виділені на відновлення, будуть пов'язані із суворими умовами, такими як боротьба з корупцією та зусиллями українського уряду щодо проведення реформ.**

**Нова інфраструктура та будинки мають бути спроектовані так, щоб відповідати кліматичним вимогам. Скільки грошей потрібно на відновлення, поки що не зрозуміло, але збитки від війни вже оцінюють у сотні мільярдів євро.**

**Реформи та інвестиції, покликані допомогти подальшій інтег-**

рації української економіки у внутрішній ринок ЄС, покращити бізнес-середовище, чи поступово привести українське законодавство у відповідність до права ЄС.

Водночас гаряча фаза війни, що почалась 24 лютого 2022 року змінила все, в тому числі мобільність, потреби в логістиці, стратегічні, зокрема оборонні напрямки та орієнтири. Відновлення не має означати «ремонт», а має бути переосмисленням і перебудовою. Національна транспортна модель України може стати тим інструментом, що дозволить прискорити прийняття ефективних та справедливих рішень щодо відновлення нашої країни.

**Ключові слова:** транспортне планування; транспортна модель; транспортний район; транспортна інфраструктура; транспортна політика; матриця кореспонденцій; мультикритеріальна оцінка; сценарій.

**Постановка проблеми.** Втрати, завдані транспортній інфраструктурі України у війні станом на квітень 2022 року, за словами міністра Кубракова, оцінюються у понад 100 млрд доларів, при цьому 30% транспортної інфраструктури пошкоджено або знищено [1]. І ці втрати кожного дня продовження бойових дій будуть тільки зростати. Ймовірно, до настання перемоги України, країна може втратити значну частину своєї довоєнної транспортної інфраструктури, а загальні збитки будуть сягати сотень мільярдів доларів.

Оскільки бюджетні можливості України не здатні покрити таку величину збитків, відновлювати Україну будуть, скоріш за все, за рахунок приватних іноземних коштів, тому обґрунтовувати доцільність та ефективність їх витрат на ті чи інші об'єкти транспортної інфраструктури доведеться за новими правилами.

**Мета роботи** полягає у обґрунтуванні необхідності створення умов мобільності людей із забезпеченням безпеки руху, транспортування вантажів з мінімізацією витрат у обґрунтований час, за що відповідає транспортне планування [2].

#### **Викладення основного змісту дослідження**

Спрощену схему «класичного» транспортного планування можна представити наступним чином (рис. 1):

Транспортне планування виникає як відповідь на потребу людей у переміщеннях для реалізації своїх потреб, а також для переміщення вантажів (логістика). Транспортне планування базується на цілях і принципах, що, як правило, викладені у стратегічних програ-

мних документах (наприклад, Стратегії розвитку транспорту до 2030 року тощо). Транспортне планування використовує інструменти транспортного планування – це методології, транспортні моделі та ін.

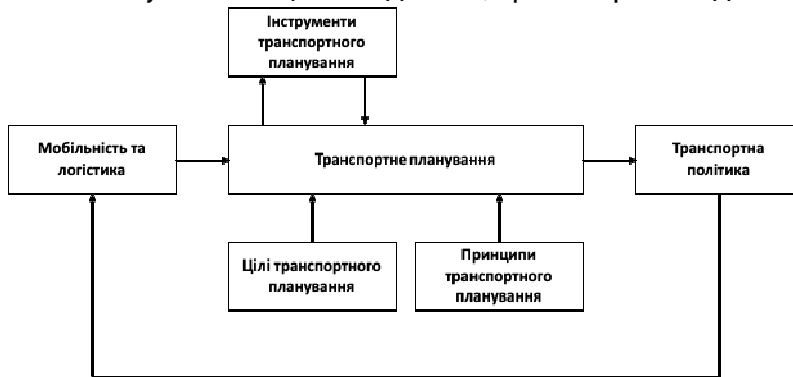


Рис. 1. Схема «класичного» транспортного планування

Транспортне планування продукує рішення, які мають бути розглянуті і прийняті до виконання у блоці «Транспортна політика», що буде впливати на мобільність та логістику та створить нові ввідні для транспортного планування.

Втім, не завжди транспортна політика базується на рішеннях, що були розроблені транспортним плануванням, іноді схема транспортного планування, особливо в нашій країні до початку гарячої фази війни, може виглядати дещо інакше (рис. 2).

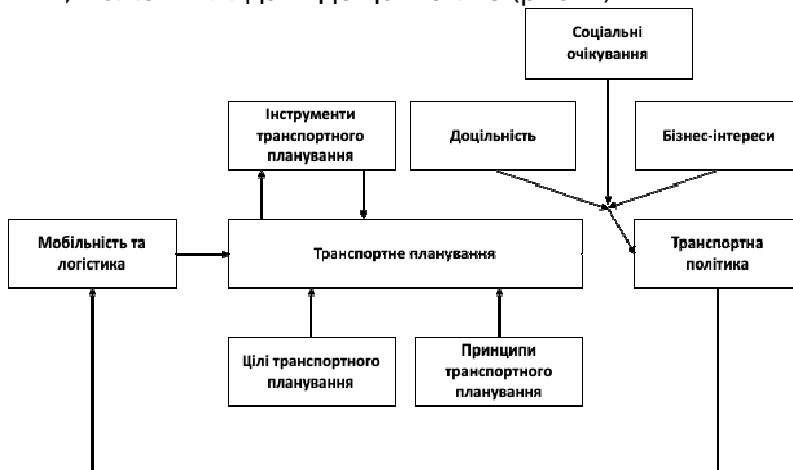


Рис. 2. Схема «розірваного» транспортного планування

Політична доцільність, соціальні очікування та бізнес інтереси – це ті потужні сили, що можуть підмінити собою результати роботи транспортного планування. В такому разі, прийняті до виконання рі-

шення щодо розвитку транспортної інфраструктури будуть непрозорі, економічно неефективні і, як правило, несправедливі з точки зору пропорційності розподілу вигоди (в даному випадку – транспортної доступності) для кожного громадянина країни.

Наразі актуальним є питання об'єктивного «сортування» пошкоджених та зруйнованих об'єктів транспортної інфраструктури як на національному, так і на місцевому рівні, згідно 3-х умовних груп:

- 1) потребують негайного відновлення;
- 2) відновлення яких може бути відкладено;
- 3) відновлення яких не виглядає доцільним.

Цю задачу можна виконати експертним шляхом, проте навіть для експертної оцінки потрібно доволі багато вихідних даних. Ці вихідні дані, разом із можливостями комбінування та прогнозування, дають сучасні транспортні макромоделі, зокрема мова йде про Національну транспортну модель України, а також окремо взяті транспортні моделі міст України.

Як правило, сучасні транспортні моделі в Україні побудовані за класичною 4-кроковою методологією (рис. 3):



Рис. 3. Схема 4-крокової транспортної моделі

На 1-му кроці розрахунку транспортної моделі відбувається генерація переміщень для кожного із так званих транспортних районів. Це встановлюється, як правило, аналітично, на основі коефіцієнтів або функцій від різних чинників, як-от кількість населення, чисельні характеристики виробництва, параметри землекористування тощо. На цьому етапі відбувається заповнення матриць кореспонден-

нцій пасажирів та/або вантажів.

На 2-му кроці розрахунку відбувається розподіл переміщень між транспортним районами. Якщо на першому кроці необхідно заповнити суми матриць кореспонденцій, то на цьому – клітинки матриці. Результат цього кроку розрахунку транспортних моделей ще називається «відновленням матриці кореспонденцій» пасажирів та/або вантажів. Загальна математична ідея цього кроку полягає в тому, що якщо методами спеціальних досліджень становити частину значень матриці, наприклад отримавши 5% відомих значень, то за допомогою підібраних математичних функцій розподілу, можна відновити 100% значень для даної матриці.

3-й крок розрахунку транспортної моделі – це вибір режиму. Як правило, для переміщення пасажирів та вантажів, залежно від різних чинників, можуть використовуватися різні режими мобільності та види транспорту. До прикладу, пасажирів вибирають між пішим, велотранспортом, громадським та індивідуальним автомобільним транспортом; вантажовідправники вибирають між автомобільним, залізничним, водним, та автотранспортом. Вибір того чи іншого режиму залежить від багатьох чинників, основними з яких є час та гроші. У транспортних моделях розрахунки відбуваються на основі встановлених математичних функцій.

4-й крок розрахунку транспортної моделі – це перерозподіл. Як правило, існує >1 маршруту між кожною з пар транспортних районів для кожного з режимів мобільності та видів транспорту. Зазвичай таких варіантів маршрутів може бути сотні тільки між 2-ма транспортними районами. Задача математичного апарату транспортної моделі на цьому кроці – це зробити стільки ітерацій перерозподілу пасажирів та/або вантажів по маршрутах, щоб досягти значень, що реально спостерігаються у мережі.

Коли транспортну модель побудовано, відкалібровано та верифіковано, її можна використовувати для розрахунків змін у політиці та сценаріїв класу «що буде, якщо».

Очевидно, що результатом роботи численних робочих груп, зокрема Національної ради з відновлення України від наслідків війни [2], будуть різні варіанти політик та сценаріїв відновлення транспортної інфраструктури України. Цілком можливо, що варіанти ці будуть взаємовиключні і особам, що будуть приймати остаточне рішення потрібна буде об'єктивна та незаангажована аналітична підтримка, що максимально виключає вплив так званого людського чинника. Та-

кою підтримкою може виступити Національна транспортна модель України.

На рис. 4 схематичним чином відображено роль транспортної моделі у системі управління.

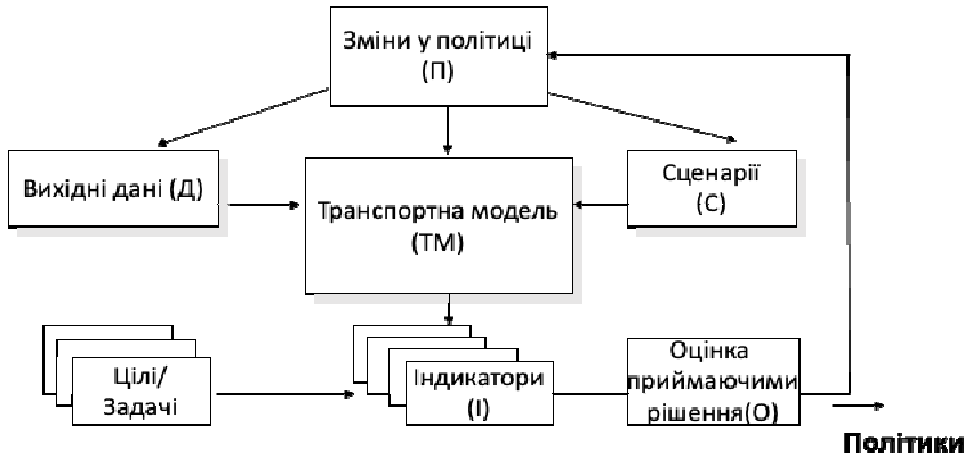


Рис. 4. Роль і місце транспортної моделі щодо оцінки політик

Згідно з визначенням, політика (англ. policy) – це курс або принцип дій, прийнятий або запропонований організацією чи особою. Транспортна модель (ТМ), на основі вихідних даних (Д), здатна оцінити як прямі зміни у політиці (П), так і більш складні сценарії (С), що, як правило, являються комбінацією політик та проєктів.

Транспортна модель продукує індикатори (І) залежно від сформульованих цілей та задач. Після оцінки індикаторів особами, що приймають рішення щодо політик, формулюються нові зміни у політиці, що змінюють також і вихідні дані, і процес повторюється з початку.

Для чіткого розуміння можливих наслідків у вигляді змін індикаторів від тієї чи іншої зміни у політиці та проєктів, як правило нинішня ситуація екстраполюється на розрахунковий термін, де визначаються її референтні показники I1, I2 і т.д. Це так званий сценарій «справи, як звичайно» (англ., business-as-usual): що буде у майбутньому, якщо не змінювати політик. В нашому конкретному прикладі це може бути сценарій відновлення транспортної інфраструктури України до довоєнного рівня, тобто, фактично, «капітальний ремонт». Показники I1, I2 в цьому випадку будуть виступати для порівняння зі сценаріями змін політики. Схема цієї особливості роботи транспорт-

ної моделі щодо оцінки політик показана на рис. 5.

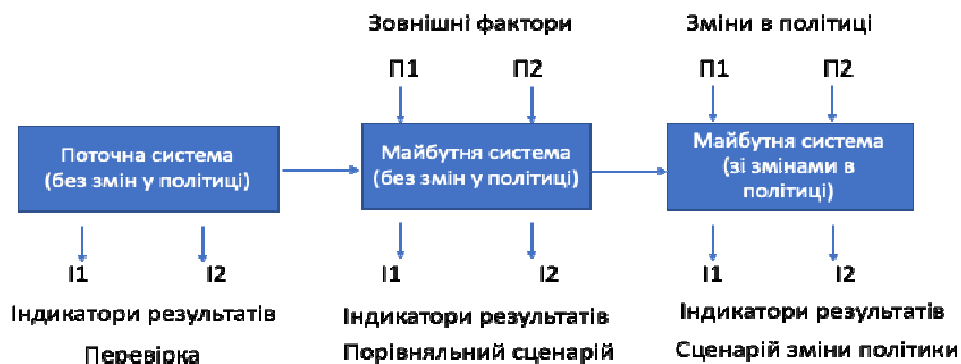


Рис. 5. Схема роботи транспортної моделі щодо оцінки політик

Якщо з одного боку стоїть необхідність прийняття найкращого за різними індикаторами, згідно з сформульованими цілями та задачами, варіанту рішення, а з іншої – доведення цього факту максимально широкому колу осіб, то використовуються методи мультикритеріального аналізу. На рис. 6 надано приклад закордонного досвіду результату виконання мультикритеріальної оцінки різних сценаріїв розвитку.

	IMPROVE ROAD SECTOR					REVITALIZE RAILWAYS
	Reduce road congestion	Reduce air pollution	Pay full costs	Improve road safety	Increase energy efficiency	Increase use of rail (Reduce use of roads)
1.1.1P	102	102	99	103	101	104
1.2.1.2P	101	101	100	101	100	103
1.2.1.3P	101	101	100	101	100	103
1.5.1P	101	101	100	102	101	110
5.22P	98	94	103	91	102	100
3.2.1P	100	100	100	100	100	99
3.2.2P	102	103	107	105	100	103
3.2.3P	102	103	102	104	99	102
4.1P	101	101	100	101	100	107
4.5P	100	100	100	100	99	98
5.4P	101	101	99	102	101	113
5.5P	101	101	100	102	100	102
5.12P	100	100	105	100	100	100
6.1.1P	100	101	100	100	99	100
6.1.2P	100	101	100	100	98	100
6.4P	100	102	104	100	100	100
6.5P	101	102	99	103	99	104

Рис. 6. Закордонний приклад мультикритеріальної оцінки різних сценаріїв розвитку

Група визначених експертів, якій довірили супроводження прийняття рішення, має оцінити вагу та роль кожного критерію (зна-

чення індикатора) у впливі на уявлення про ідеальне рішення відповідно до цілей та задач.

Кожен сценарій в цьому випадку отримує інтегральну оцінку для кожного із вибраних індикаторів. В цьому випадку рішення щодо реалізації того чи іншого сценарію, тієї чи іншої політики, буде прийнято математично, а не політично. Політичному керівництву, як на рівні держави, так і на місцевому рівні, не треба буде брати політичну відповідальність та ризикувати національними чи місцевими інтересами у разі помилковості вибору, а просто сформулювати чіткі цілі та задачі, сформулювати незалежну та професійну експертну групу, використовувати валідовану транспортну модель.

### **ВИСНОВКИ**

1. У довоєнній Україні були непоодинокі випадки, коли капітальні вкладення на певний об'єкт транспортної інфраструктури виділялися не за принципом максимальної ефективності для національних інтересів, а радше з огляду на політичну доцільність, бізнес-інтереси та соціальні очікування певного цільового прошарку суспільства.

2. Такий стан справ є неефективним з економічної та несправедливим з морально-етичної точки зору. Навіть політичні рішення мають ґрунтуватися на певних чисельних оцінках, щоб будь-який громадянин України мав рівні та справедливі права на розподіл, фактично, транспортної доступності в нашій країні.

3. Потрібно розробити систему справедливої та незаангажованої мультикритеріальної оцінки, яка може бути використана до всіх майбутніх проєктів з відновлення пошкодженої чи знищеної транспортної інфраструктури.

4. Для кожного запропонованого сценарію розвитку транспортної інфраструктури треба провести оцінку вихідних індикаторів за допомогою Національної транспортної моделі України.

5. У кожного із індикаторів має бути різна вага, визначена із залученням найкращих національних та міжнародних експертів. Тоді кожний проєкт та політика, що претендуватиме на отримання фінансування, будуть зважені та ранжовані.

В цьому випадку, розподіл ресурсів на відновлення транспортної інфраструктури України буде прозорим, справедливим, прийнятним українцями та міжнародними донорами.



**1. ЕКСКЛЮЗИВ.** Російське вторгнення пошкодило до 30% інфраструктури України, каже міністр. URL: <https://www.reuters.com/world/europe/exclusive-russian-invasion-damaged-up-30-ukraines-infrastructure-says-minister-2022-04-18/> (дата звернення: 24.05.2022). **2.** Поліщук В. П., Красильнікова О. В., Дзюба О. П. Транспортне планування міст. Київ : Знання України, 2014. 372 с. **3.** Питання Національної ради з відновлення України від наслідків війни : Указ Президента України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/266/2022#Text> (дата звернення: 25.05.2022). **4.** Операція Rebuild. URL: <https://www.sueddeutsche.de/politik/eu-rebuildukraine-wiederaufbau-kriegsschaeden-rrf-1.5586671> (дата звернення: 23.05.2022). **5.** Відбудова в обмін на реформи: ЗМІ розкрили план ЄС з повоєнного відновлення України. URL: <https://www.pravda.com.ua/news/2022/05/17/7346827/> (дата звернення: 23.05.2022).

## REFERENCES:

**1. ESKKLuZYV.** Rosiiske vtorhnennia poshkodylo do 30% infrastruktury Ukrainy, kazhe ministr. URL: <https://www.reuters.com/world/europe/exclusive-russian-invasion-damaged-up-30-ukraines-infrastructure-says-minister-2022-04-18/> (data zvernennia: 24.05.2022). **2.** Polishchuk V. P., Krasylnikova O. V., Dziuba O. P. Transportne planuvannia mist. Kyiv : Znannia Ukrainy, 2014. 372 s. **3.** Pytannia Natsionalnoi rady z vidnovlennia Ukrainy vid naslidkiv viiny : Ukaz Prezydenta Ukrainy. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/266/2022#Text> (data zvernennia: 25.05.2022). **4.** Operatsiia Rebuild. URL: <https://www.sueddeutsche.de/politik/eu-rebuildukraine-wiederaufbau-kriegsschaeden-rrf-1.5586671> (data zvernennia: 23.05.2022). **5.** Vidbudova v obmin na reformy: ZMI rozkryly plan YeS z povoiennoho vidnovlennia Ukrainy. URL: <https://www.pravda.com.ua/news/2022/05/17/7346827/> (data zvernennia: 23.05.2022).

---

**Osetrin M., M., Candidate of Engineering (Ph.D.), Professor** (Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv),

**Bespalov D. O., Assistant** (Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv)

## **USE OF THE NATIONAL TRANSPORT MODEL OF UKRAINE FOR PRIORITIZATION OF RECOVERY OF DESTROYED OR DAMAGED TRANSPORT INFRASTRUCTURE**

**After the Victory over the aggressor country, the Russian Federation, Ukraine will inevitably face the issue of returning to normal life, which requires the restoration of destroyed and damaged infrastructure. Transport infrastructure is one of the most important for the functioning of the economy and the state in general. The same applies to the cities of Ukraine, so it is necessary to restore the transport infrastructure in the first place.**

**Appropriate technical specialists will assess the technical condition and opportunities for further limited or full operation of the damaged transport infrastructure. Transport planners can assess the remnants of the so-called «transport supply» and possible «transport demand» to identify bottlenecks and priorities for rehabilitation work.**

**The war in Ukraine continues, but the EU is already making reconstruction plans. To this end, the European Commission wants to create a so-called strategic reconstruction plan called "Rebuild Ukraine".**

**It will take more than 10 years to rebuild Ukraine's war-torn infrastructure, and the funds allocated for reconstruction will be linked to harsh conditions, such as the fight against corruption and the Ukrainian government's reform efforts.**

**New infrastructure and buildings must be designed to meet climatic requirements. It is not yet clear how much money is needed for the reconstruction, but the damage from the war is already estimated at hundreds of billions of euros.**

**Reforms and investments designed to help further integrate the Ukrainian economy into the EU internal market, improve the business environment, or "gradually bring" Ukrainian legislation in line with EU law.**

**However, the hot phase of the war, which began on February 24, 2022, changed everything, including mobility, logistics needs, strate-**

**gic, including defense and landmarks. Restoration should not mean «repair» but should be rethinking and restructuring. The "National Transport Model of Ukraine" can be a tool that will accelerate the adoption of effective and fair decisions on the reconstruction of our country.**

***Keywords:* transport planning; transport model; transport zone; transport infrastructure; transport policy; OD-matrix; multicriteria evaluation; scenario.**

---