

***Мікроекономіка***

Федір ГОРБОНОС,  
Оксана ТУЛАЙ,  
Руслан СКРИНЬКОВСЬКИЙ,  
Наталія ПАВЛЕНЧИК,  
Святослав КНЯЗЬ

**ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІ  
ДЕТЕРМІНАНТИ АВАРІЙ  
НА МАГІСТРАЛЬНИХ ГАЗОПРОВОДАХ**

**Резюме**

Порушено проблему енергетичної безпеки як основного чинника сталого розвитку країн Європи. З'ясовано, що важливий аспект, який необхідно враховувати у процесі ідентифікації загроз енергетичній безпеці Європи та протидії їм, – це безпека постачання. Обґрунтовано необхідність розробки

---

© Федір Горбонос, Оксана Тулай, Руслан Скриньковський, Наталія Павленчик,  
Святослав Князь, 2022.

Горбонос Федір, д. е. н., професор, Львівський університет бізнесу та права, м. Львів, Україна. ORCID: 0000-0002-6563-9847 Е-мейл: horbonos.f@gmail.com

Тулай Оксана, д. е. н., професор, завідувачка кафедри міжнародних відносин та дипломатії, Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль, Україна. ORCID: 0000-0002-5588-7046 Е-мейл: o.tulai@wupn.edu.ua

Скриньковський Руслан, PhD, професор, Львівський університет бізнесу та права, м. Львів, Україна. ORCID: 0000-0002-2180-8055 Е-мейл: uan\_lviv@ukr.net

Павленчик Наталія, д. е. н., професор, Львівський державний університет фізичної культури ім. Івана Боберського, м. Львів, Україна. ORCID: 0000-0001-6164-5644 Е-мейл: pavlinova75@gmail.com

Князь Святослав, д. е. н., професор, Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна. ORCID: 0000-0002-7236-1759 Е-мейл: svkniaz@ukr.net

методів визначення рівня потужності сталого розвитку газотранспортної системи держави, який відображав би зв'язок між аваріями на магістральних газопроводах і їх економічними, екологічними й соціальними наслідками. Розкрито сутність і принцип побудови методу на основі системно-функціонального підходу, методу декомпозиції і положень теорії множин. Доведено інформативність рівня потужності розвитку газотранспортної системи України для прийняття регулювальних рішень з урахуванням економічних, екологічних та суспільних наслідків їх впливу.

### **Ключові слова**

Рівень потужності, сталий розвиток, аварії, газотранспортна система, магістраль.

**Класифікація за JEL:** L95, O13, O33, Q20.

5 формул, 13 джерел літератури.

### **Постановка проблеми та огляд літератури**

Впродовж останніх років у країнах Європи відбувається бурхливий розвиток енергетичних та енерготехнологічних комплексів, мета їх функціонування – вирішення енергетичних проблем замовників відповідних послуг. Енергетична безпека сприяє економічному зростанню, зниженню рівня бідності та поліпшенню якості життя населення у країнах Європи.

У травні 2014 р. Парламентська Рада ЄС прийняла нову «Європейську стратегію енергетичної безпеки» (European Energy Security Strategy), її основні завдання – сприяння забезпеченню стійкості до можливих загроз енергетичній безпеці ЄС та реалізації заходів запобігання їх негативного впливу на країни ЄС. Водночас одним із найважливіших аспектів, який необхідно враховувати під час ідентифікації загроз енергетичній безпеці Європи та протидії їм, є безпека постачання.

Газотранспортна система (ГТС) України – одна з найбільших у Європі, що має великий вплив на європейську енергетичну безпеку. Вона виконує 2 основні функції – забезпечує доставку природного газу як на внутрішній ринок України, так і транспортування (транзит територією України) до країн Центральної та Західної Європи [1]. Експлуатаційна надійність, екологічна безпечність та економічна ефективність магістральних газопроводів залежить від: 1) їх технічного стану і завантаженості; 2) капітальних інвестицій та фінансування технічного обслуговування [2]. Середній амортизаційний знос ГТС України (за даними АТ «Укртрансгаз») становить 61%, а також близько 20 тис. км МГ (з 33,25 тис. км) експлуатується понад 33 роки [3]; основною причиною (> 50%) виникнення аварій та відмов на об'єктах МГ є корозія металу труби [2, 3]. Така ситуація супроводжується економічними та екологічними наслідками аварій на МГ (ГП) [1–4]. У цих умовах актуальним є питання підвищення безпеки та надійності функціонування магістральних газопроводів з метою запобігання аварій, зниження економічних втрат та негативного впливу на навколишнє середовище.

З огляду на те, що ГТС, функціонально біфуркаційна, тобто забезпечує постачання газу на внутрішній ринок України і здійснює транзит газу через її територію, то факти аварій на магістральних газопроводах і їх наслідки необхідно розглядати в площині положень концепції сталого розвитку. Саме ця концепція є симбіозом екологічних, економічних і соціальних інтересів суспільства. Ці інтереси на прикладі як глобальних, так і локальних формацій дуже конкретні, зокрема коли йдеться про екологічні загрози, економічні ризики і споживчі потреби у визначеному часовому проміжку. З огляду на це сталий розвиток ГТС – це такий розвиток цієї системи, який уможлиблював би на сьогодні задоволення економічних, екологічних та соціальних потреб українського суспільства і не шкодив потребам майбутніх поколінь.

Україна – це важливий стратегічний партнер щодо енергетичної безпеки країн Європи. ЄС зацікавлений у тому, щоб наша держава могла гарантувати безпечний і стабільний транзит газу через свою територію.

У науковій літературі багато уваги приділено газотранспортній системі України у різносторонньому контексті. Одні науковці зосереджують увагу на підходах до модернізації та реконструкції об'єктів газотранспортної системи із урахуванням очікуваних екологічних та економічних ефектів від можливих проектних рішень [5]. Інші дослідники дотримуються інтернаціоналістичного погляду і мають відверто глобалістичні переконання щодо причин виникнення проблем розвитку газотранспортних систем України [6]. Значна частина наукових праць зосереджена тільки на технічних проблемах газотранспортної системи України, зокрема на оптимізації транспортування газу до споживачів у нашій державі [7], раціональному використанні трансферного потенціалу газотранспортної системи України [4], автоматизації управління газовими трубопровідними потоками, експлуатаційній надійності системи [9], а також у межах автоматизованих систем управління, проблемам прогнозування стаціонарних режимів роботи систем газопостачання [10], в т. ч. у конкретних

регіонах [11]. Частина наукових праць присвячена дослідженню структури витрат на підтримку магістральних газопроводів у робочому стані. Так, доведено, що структуру економічних втрат газотранспортних підприємств від корозії (в разі експлуатації лінійної частини магістральних газопроводів) становлять: 1) витрати на захист від корозії; 2) втрати (збитки) від корозії металів. Обсяг економічних втрат значною мірою залежить від: 1) якості застосовуваної системи протикорозійного захисту; 2) дотримання правил безпечної експлуатації [2]. З'ясовано, що загалом загальний економічний збиток магістральних газопроводів охоплює [1, 4]: 1) прямі та непрямі збитки організації, що експлуатує газопровід; 2) витрати на локалізацію і розслідування аварій чи відмов; 3) соціально-економічні втрати внаслідок травмування чи загибелі людей; 4) екологічні збитки (компенсації втрат від забруднення навколишнього природного середовища); 5) збитки від вибуття трудових ресурсів внаслідок загибелі людей або втрати ними працездатності [4]. Тут важливе значення має оптимальне вирішення проблеми діагностики технічного стану та системи протикорозійного захисту підземних трубопроводів [11–13], а також необхідно забезпечити залучення достатнього обсягу інвестицій на розвиток ІТ-технологій, впровадження інновацій тощо [14]. Умови забезпечення охорони об'єктів магістральних газопроводів (від пошкоджень і руйнувань внаслідок несанкціонованого доступу, охорони довкілля тощо) визначаються Правилами охорони магістральних трубопроводів, затвердженими Кабінетом Міністрів України від 16.11.2002 р. № 1747 відповідно до Закону України «Про трубопровідний транспорт» від 15.05.1996 р. № 192/96-ВР (із змінами і доповненнями), які (Правила) потребують удосконалення та є відповідні напрацювання.

Проаналізувавши дослідження, доходимо висновку, що проблеми економічних та екологічних наслідків аварій на магістральних газопроводах розглядаються без урахування соціальної складової, тобто поза межами системи поглядів, які зосереджені у концепції сталого розвитку.

**Мета дослідження** – виокремлення методів визначення рівня потужності сталого розвитку ГТС, який відображав би зв'язок між аваріями на магістральних газопроводах і їх економічними, екологічними та соціальними наслідками.

## Методологія

Для досягнення поставленої мети необхідно застосувати положення теорії множин, зокрема елементи аксіоматики ZFC. Це дасть змогу відобразити логіку зв'язків між групами показників, які, з одного боку, характеризують причини виникнення аварій на магістральних газопроводах, а з іншого – вказують на вектори наслідків цих аварій. Для забезпечення системності у побудові методу визначення рівня потужності сталого розвитку ГТС застосуємо системно-функціональних наукових підхід, а також метод декомпозиції.

## Результати дослідження

Оскільки концепція сталого розвитку базується на трьох складових компонентах – економічній, екологічній і суспільній, то формування системи показників для визначення рівня потужності сталого розвитку ГТС необхідно здійснювати відповідно до цих компонентів.

Наведемо множину показників, які характеризують сталий розвиток ГТС:

$$\left. \begin{aligned} \cup S_{\omega}^n &\equiv N_a^i \cup B_b^y \cup E_c^j; \\ a \in N_a^i &\Leftrightarrow N_a^i \in \cup S_{\omega}^n, a \in \cup S_{\omega}^n; \\ b \in B_b^y &\Leftrightarrow B_b^y \in \cup S_{\omega}^n, b \in \cup S_{\omega}^n; \\ c \in E_c^j &\Leftrightarrow E_c^j \in \cup S_{\omega}^n, c \in \cup S_{\omega}^n, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

де  $N_a^i$  – множина показників  $a$ , які характеризують експлуатаційну надійність

ГТС;  $B_b^y$  – множина показників  $b$ , які характеризують екологічну безпечність ГТС;

$E_c^j$  – множина показників  $c$ , які характеризують економічну ефективність ГТС.

Компоненти  $\cup S_{\omega}^n$  є сукупністю кількісних показників, логіка відношень між ними прямо пов'язана із полівекторною і багатокритеріальною природою понять «сталий розвиток» і «сталий розвиток ГТС». Так:

$$\left. \begin{aligned} a &= f(a_1; a_2; a_3); \\ b &= f(b_1; b_2); \\ c &= f(c_1; c_2; c_3; c_4; c_5; c_6), \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

де  $a_1$  – повнота постачання газу;  $a_2$  – своєчасність доставки газу;  $a_3$  – відповідність газу технічним параметрам, які передбачені газовими контрактами;  $b_1$  – безпечність для споживачів газу;  $b_2$  – безпечність для навколишнього середовища;  $c_1$  – ціна закупівлі газу для споживачів;  $c_2$  – ціна постачання газу кінцевим споживачам в Україні;  $c_3$  – ціна транзиту газу через те-

риторію України;  $c_4$  – витрати на підтримку належного технічного стану ГТС;  $c_5$  – ризики виходу ГТС з ладу через форс-мажорні обставини;  $c_6$  – ризики зміни закупівельної ціни газу, його доставки кінцевим споживачам, а також зміни ціни транзиту до завершення терміну виконання укладених газових контрактів.

Наведені показники мають рівнозначно важливий вплив на сталий розвиток ГТС:

$$\therefore \left\{ \begin{array}{l} N_a \supset a_1 \wedge a_2 \wedge a_3; \\ B_b \supset b_1 \wedge b_2; \\ E_c \supset c_1 \wedge c_2 \wedge c_3 \wedge c_4 \wedge c_5 \wedge c_6 \end{array} \right\} \therefore \subset \cup_{\omega=1}^n S_{\omega}^n. \quad (3)$$

До того ж,  $\cup_{\omega=1}^n S_{\omega}^n$  є булеаном, а отже, множиною підмножин, у яких факторні й результативні показники характеризуються декомпозицією. Цей аспект важливий з аналітико-управлінської позиції, зокрема з приводу прийняття і реалізації управлінських та інженерно-технологічних рішень, спрямованих на попередження або усунення екологічних та економічних наслідків аварій на магістральних газопроводах.

Реалізація положень концепції сталого розвитку в управлінні магістральними газопроводами вимагає динамізму в узгодженні між собою рішень, спрямованих на оптимізацію значень окремих показників, які є компонентами  $\cup_{\omega=1}^n S_{\omega}^n$ . З огляду на це, актуальним критерієм сталого розвитку ГТС є приріст його потужності. Пропонуємо його ідентифікувати так:

$$\cup_{\omega=1}^n S_{\omega_z}^n \setminus \cup_{\omega=1}^n S_{\omega_b}^n \sim \Delta \cup_{\omega=1}^n S_{\omega}^n, \quad (4)$$

$\Delta \cup_{\omega=1}^n S_{\omega}^n$  – приріст потужності множини показників, які характеризують сталий розвиток ГТС.

$\Delta \cup_{\omega=1}^n S_{\omega}^n$  залежний від чинників, більшість з яких мають якісний характер. Йдеться про інноваційність технології у сфері обслуговування ГТС ( $I_t$ ); аде-

кватність застосування методів і моделей моніторингу ГТС ( $M_s$ ); перманентність громадського контролю над сталим розвитком ГТС ( $G_k$ ); раціональність державного управління ГТС ( $R_d$ ); соціальну відповідальність суб'єктів, компетенцією яких є сталий розвиток ГТС ( $C_w$ ). Отже,

$$\Delta U \sum_{\omega=1}^n = f(I_t; M_s; G_k; R_d; C_w). \quad (5)$$

Цілеспрямований, керований вплив на позитивність цих чинників зменшує ймовірність аварій на магістральних газопроводах і уможливорює досягнення очікуваного зростання потужності сталого розвитку ГТС.

Запропонований метод визначення рівня потужності сталого розвитку ГТС має декомпозиційну, дендритну будову. Такий підхід до оцінювання потрібно визнати традиційним, проте його досі ніхто не застосовував для оцінювання саме потенціалу сталого розвитку ГТС. Новизна запропонованого методу впливає із новизни самого об'єкта оцінювання, адже об'єкт визначає критерії вибору показників і очікувані задовільні значення цих показників.

Декомпозиція оцінювання рівня сталого розвитку ГТС передбачає три ієрархічні рівні оцінювання. На низовому рівні відбувається збір і обробка аналітичних даних для обчислення індивідуальних показників, які характеризують кожну із компонент сталого розвитку ГТС. Середній декомпозиційний рівень призначений для інтегрального оцінювання сталого розвитку ГТС, а на верхньому рівні – зведення економічних, екологічних і суспільних оцінок в один узагальнювальний показник. Зведення різнокритеріальних показників в один узагальнювальний завжди становить проблему, але її вирішити шляхом переходу до безрозмірних величин. Виходом із ситуації може бути також перехід від оцінювання значень показників до тенденцій зміни цих значень. Визначення рівня потенціалу сталого розвитку ГТС необхідне для інформування суб'єктів управління про потребу регулювання ГТС із урахуванням економічних, екологічних і суспільних наслідків цього регулювання.

## Висновки

Газотранспортна система впливає на економіку, екологію і суспільство. Ці компоненти взаємопов'язані. Тому для ухвалення рішень, що спрямовані на досягнення конкретних ефектів від функціонування ГТС, попередження і усунення аварій варто керуватись принципами сталого розвитку. З позиції цих принципів одним із найбільш інформативних в управлінні ГТС є показник рівня потужності сталого розвитку ГТС. За зростання потужності сталого роз-

витку ГТС частота аварій має знижуватись. Моніторинг рівнів потужності у певній динаміці вказує на стійке збалансування показників, які відображають економічну, екологічну та суспільну складові.

У разі виявлення необхідності підвищення рівня потужності сталого розвитку ГТС необхідно враховувати фактори, які впливають на потужність. Ідентифікування цих факторів, оцінювання їхньої значущості і взаємопов'язаності буде предметом подальших досліджень.

### Список використаної літератури

- Mandryk, O. M. (2014) *Ekolohichna bezpeka transportuvannya pryrodnoho hazu: monohrafiya*. Ivano-Frankivs'k : IFNTUNH, 256 s.
- Sopilnyk, L., Skrynkovskyy, R., Lozovan, V., Yuzevych, V., Pawlowski, G. (2019). Determination of Economic Losses of Gas Transportation Companies from Accidents on Gas Transmission Pipelines. *Path of Science*, Vol 5, No 1. P. 1008–1017. URL: <http://dx.doi.org/10.22178/pos.42-4> .
- Dolynchuk, S. (2017). Opalyval'nyy fal'start: chomu zarano stverdzhuvaty pro hotovnist' HT-S do zymy. 10.08.2017. MIND UA. URL: <https://mind.ua/publications/20175323-opalyvalnij-falstart-chomu-zarano-stverdzhuvati-pro-gotovnist-gts-do-zimi>.
- Hovdyak, R. M., Kosnyryev, YU. M. (2007). *Kil'kisnyy analiz avariynoho ryzyku hazotransportnykh ob'yektiv pidvyshchenoyi nebezpeky*. L'viv: Kal'variya, 158 s.
- Perevozova, I., Lisova, O. (2018). Nezalezhna ekoloho-ekonomichna ekspertyza proektiv z modernizatsiyi ta rekonstruktsiyi ob'yektiv hazotransportnoyi systemy Ukrayiny. *International Journal of Innovative Technologies in Economy*, № 5 (17), 53–60 URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nezalezhna-ekologo-ekonomichna-ekspertiza-proektiv-z-modernizatsiyi-ta-rekonstruktsiyi-obektiv-gazotransportnoyi-sistemi-ukrayini>
- Bilostots'ka, S. (2019). Ukrayins'ka hazotransportna systema (HT-S): suchasni heopolitychni vyklyky ta enerhetychna polityka cherez pryzmu natsional'nykh interesiv Ukrayiny. *Ukrayinoznavstvo*,. 2 (71), 240–249. URL: [http://dx.doi.org/10.30840/2413-7065.2\(71\).2019.169678](http://dx.doi.org/10.30840/2413-7065.2(71).2019.169678).
- Yanul, S., Pavlov, K., Korotya, M., Halyan, S. (2019). Kharakterystyka systemy hazovoho transportuvannya Ukrayiny. *Ekonomichnyy zhurnal Skhidnoyevropeys'koho natsional'noho universytetu imeni Lesi Ukrayinky*, Vypusk 1, № 17, 31–38. URL: <https://doi.org/10.29038/2411-4014-2019-01-31-38>



- Chekurin, V., Ponomar'ov, YU., Prytula, M., Khymko, O. (2018). Rozrobka pidkholdu do avtomatyzatsiyi upravlinnya hazotransportnoyu systemoyu. *Tekhnolohichnyy audyt ta rezervy vyrobnytstva*, T. 5, № 1 (43), 237–240. URL: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2018.146574>
- Hrudz, V. YA., Hrudz, YA. V., & Bodnar, V. M. (2018). Pidvyshchennya nadiynosti ekspluatatsiyi system hazopostachannya na osnovi optymizatsiyi obsluhovuvannya. *PRECARPATHIAN BULLETIN OF THE SHEVCHENKO SCIENTIFIC SOCIETY*, (2(46)), 137–150 URL: [https://doi.org/10.31471/2304-7399-2018-2\(46\)-137-150](https://doi.org/10.31471/2304-7399-2018-2(46)-137-150)
- Kryzhanivs'kyi, YE. I., Hrudz, V. YA., Hrudz, V. YA., & Tereshchenko, R. V. (2019). Prohnozuvannya statsionarnykh rezhymiv roboty system hazopostachannya metodom intehral'nykh koefitsiyentiv. *Prospecting and Development of Oil and Gas Fields*, 2(71), 71–76. URL: [https://doi.org/10.31471/1993-9973-2019-2\(71\)-71-76](https://doi.org/10.31471/1993-9973-2019-2(71)-71-76)
- Moroz, D. R., Hruntovich, N. V. (2018). Regional Gas Supply System Considered from the Standpoint of System Analysis and Regularities of its Functioning. *ENERGETIKA. Proceedings of CIS higher education institutions and power engineering associations*, 61(4), 359–371. URL: <https://doi.org/10.21122/1029-7448-2018-61-4-359-371>
- Dzhala, R. M., & Yuzevych, L. V. (2019). Modeling of Relationships Between the Mechanoelectrochemical Parameters of the Metal Surface. *Materials Science*, 54(5), 753–759. URL: <https://doi.org/10.1007/s11003-019-00243-w>
- Skrynkovskyy, R., Pavlenchuk, N., Tsyuh, S., Zanevskyy, I., & Pavlenchuk, A. (2022). Economic-mathematical model of enterprise profit maximization in the system of sustainable development values. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*, 8(4), 188–214. URL: <https://doi.org/10.51599/are.2022.08.04.09>

Отримано: 1 грудня 2022 р.

Рецензовано: 9 грудня 2022 р.

Рекомендовано до друку: 15 грудня 2022 р.