

НАПРЯМКИ ЗМЕНШЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ВРАЗЛИВІСТІ МІСЬКИХ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ В УМОВАХ ВОЄННИХ ЗАГРОЗ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Проведено аналіз енергетичної вразливості централізованих систем теплопостачання (ЦСТ) українських міст у контексті гібридної війни та цілеспрямованих атак на енергетичну інфраструктуру. Розглянуто причини підвищеної крихкості систем – від радянської централізації до фізичного зносу – та наслідки руйнувань для населення. Особливу увагу приділено принципу «build back better», децентралізації джерел тепла та заходам підвищення енергоефективності й стійкості. Запропоновано комплексний підхід до трансформації ЦСТ для забезпечення надійного теплопостачання в умовах воєнних загроз.

Ключові слова: централізоване теплопостачання, енергетична вразливість, воєнні загрози, децентралізація, когенерація, модульні котельні, build back better, енергоефективність, стійкість.

Abstract

An analysis was conducted of the energy vulnerability of centralized heat supply systems (CHSS) in Ukrainian cities in the context of hybrid warfare and targeted attacks on energy infrastructure. The causes of the systems' heightened fragility—ranging from Soviet-era centralization to physical wear and tear—and the consequences of damage for the population were examined. Particular attention is paid to the “build back better” principle, the decentralization of heat sources, and measures to improve energy efficiency and resilience. A comprehensive approach to the transformation of CHS is proposed to ensure reliable heat supply in the face of military threats.

Keywords: district heating, energy vulnerability, military threats, decentralization, cogeneration, modular boiler rooms, build back better, energy efficiency, sustainability..

Вступ

Централізовані системи теплопостачання (ЦСТ) України, сформовані переважно в радянський період, вирізнялися високою концентрацією потужностей на кількох великих об'єктах (ТЕЦ, великі котельні), що забезпечувало економічність і низьку собівартість тепла в мирний час. Водночас така архітектура виявилася критичною вразливістю в умовах гібридної війни, де масовані удари по енергетичній інфраструктурі в зимовий період перетворюють теплопостачання на ключовий елемент національної безпеки та виживання населення.

Актуальність теми зумовлена поєднанням проблем і гострих воєнних викликів: фізичний знос теплових мереж ще до 2022 року перевищував 60–80 % у більшості міст, а втрати тепла сягали 20–30 %; стратегічна вразливість надмірно централізованих джерел генерації робить цілі райони залежними від одного-двох об'єктів. З 2022 року ситуація суттєво погіршилася через систематичні атаки на енергетичну інфраструктуру. Станом на кінець 2024 року пошкоджено або зруйновано 18 великих ТЕЦ/когенераційних установок, понад 800 котельнь, 214 центральних теплових пунктів та щонайменше 354 км теплових мереж; прямі збитки сектору теплопостачання (окрім ТЕЦ) оцінено в близько \$1 млрд, а загальні збитки енергетичного сектору - \$14.6 млрд [1 -3]. У 2025–2026 рр. ескалація атак призвела до колапсу теплопостачання в низці міст, зокрема в Києві, де система залежить від двох основних джерел ТЕЦ-5 та ТЕЦ-6, що забезпечують теплом мільйони мешканців. Зупинка або суттєве обмеження роботи цих об'єктів у морози спричиняє масові відключення, ризик замерзання мереж і тривале відновлення.

Результати дослідження

Пошкодження ЦСТ носять комплексний і локально-критичний характер. Найбільш вразливими є великі теплоелектроцентралі (ТЕЦ) та магістральні мережі в містах з високою

концентрацією потужностей. У Києві удари по ТЕЦ-5 і ТЕЦ-6 (включаючи Дарницьку ТЕЦ) в грудні 2025 – січні 2026 років призвели до порушення теплопостачання тисяч багатоквартирних будинків, особливо на Лівому березі (Деснянський, Дніпровський райони). Зупинка насосів і падіння тиску в трубах великого діаметра спричинили ризик замерзання систем, вимушений злив теплоносія та тривалий процес відновлення. Аналогічна вразливість спостерігалася в Харкові (ТЕЦ-5) та Дніпрі (Придніпровська ТЕС), де зупинка одного-двох об'єктів позбавляла тепла сотні тисяч мешканців одночасно [1, 2].

На відміну від децентралізованих моделей (наприклад, Житомира), така концентрація перетворює інженерну «перевагу» радянського проєктування на ахіллесову п'яту: один влучний удар виводить з ладу цілі райони, а відновлення великих ТЕЦ займає тижні через складний паросиловий цикл.

У сучасних умовах відбудови стратегічного значення набуває принцип «*Build Back Better*» (відбудувати краще, ніж було) [4], тобто не просто відновлення зруйнованого, а якісне покращення інфраструктури шляхом інтеграції заходів зменшення ризиків, підвищення енергоефективності, надійності та стійкості до зовнішніх загроз. Цей підхід, закріплений у міжнародних рекомендаціях (UNDRR, Sendai Framework) і адаптований для України [6,7], передбачає децентралізацію джерел тепла, впровадження сучасних технологій і створення автономних «енергетичних островів». Це дозволить мінімізувати наслідки майбутніх атак, забезпечити надійне теплопостачання в екстремальних умовах і відповідати європейським стандартам зеленої трансформації.

Для підвищення стійкості та енергоефективності рекомендовано комплексний підхід, що поєднує децентралізацію, модернізацію мереж і альтернативні технології. Основні напрями:

- **Децентралізація генерації** (найефективніший захід проти точкових атак): Перехід від 1–2 гігантських ТЕЦ до десятків модульних котельень і когенераційних установок.
- **Модернізація мереж і пунктів**. Заміна застарілих труб на попередньо ізолювані (зниження втрат тепла на 20–30 %), впровадження автоматизованих індивідуальних теплових пунктів (ІТП) з регулюванням і балансуванням. Це відповідає ДБН [5] і дозволяє оперативно ізолювати пошкоджені ділянки.
- **Альтернативні джерела та технології**:
 - теплові насоси та використання вторинних ресурсів (зниження споживання газу);
 - біопаливо та відновлювані джерела для котельень;
 - інтеграція сонячних установок і накопичувачів для критичної інфраструктури.
- **Моніторинг і аудит**: Застосування SCADA, тепловізійної діагностики та енергетичного аудиту (Закон України «Про енергетичну ефективність будівель») у поєднанні з термомодернізацією будинків дозволяє знизити загальне споживання на 25–50 %.

Ці заходи не лише підвищують стійкість до воєнних загроз, а й забезпечують економію ресурсів та екологічність.

Висновки

Надмірна централізація ЦСТ в містах (Київ, Харків, Дніпро) є головною причиною їх вразливості до воєнних атак. Воєнні руйнування посилили хронічні проблеми зносу та втрат тепла, перетворивши теплопостачання на інструмент енергетичного терору.

Ключовими для підвищення стійкості систем теплопостачання є децентралізація (модульні котельні, когенерація) та комплексна модернізація. Відновлення за принципом «*build back better*» з акцентом на місцеві джерела палива та енергоефективність дозволить створити гнучкі, захищені системи теплопостачання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Прямі збитки інфраструктури України через війну зросли до \$170 млрд - оцінка KSE Institute станом на листопад 2024 року URL: <https://kse.ua/ua/about-the-school/news/pryami-zbitki-infrastrukturi-ukrayini-chez-viynu-zrosli-do-170-mlrd-otsinka-kse-institute-stanom-na-listopad-2024-roku/>
2. IEA (2026). Ukraine's Energy System Under Attack URL: <https://www.iea.org/reports/ukraines-energy-security-and-the-coming-winter/ukraines-energy-system-under-attack>
3. KSE Institute (2025). Оцінка прямих збитків інфраструктури України. URL: https://kse.ua/wp-content/uploads/2025/02/KSE_Damages_Report-November-2024---ENG.pdf
4. Buildings Performance Institute Europe (BPIE). *Reconstruction of Ukraine: Building back better*. 2024. URL:

- <https://www.bpie.eu/wp-content/uploads/2024/02/FINAL-Reconstruction-of-Ukraine.pdf>
5. ДБН В.2.5-39:2008 Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі. Зі Зміною № 1
 6. World Bank (2025). Ukraine Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA4). / Оновлена оцінка потреб України на відновлення та відбудову <https://www.worldbank.org/uk/news/press-release/2025/02/25/updated-ukraine-recovery-and-reconstruction-needs-assessment-released>
 7. ВПІЕ (2024). Reconstruction of Ukraine: Building back better. <https://www.bpie.eu/wp-content/uploads/2024/02/FINAL-Reconstruction-of-Ukraine.pdf>
 8. Green Deal Ukraina (2025). Status of municipal heat supply in Ukraine. <https://greendealukraina.org/assets/images/reports/status-of-municipal-heat-supply.pdf>

Панкевич Ольга Дмитрівна – к.т.н., доцент кафедри інженерних систем у будівництві, Вінницький національний технічний університет, e-mail: pankevich@vntu.edu.ua

Гуменчук Анастасія Євгенівна – студентка групи См-23б факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії e-mail: flora.butterfly68954@gmail.com

Olga Pankevych – Cand. Sc. (Eng.), Ass. Prof. of the Department of Engineering Systems in Construction. Vinnytsia National Technical University e-mail: pankevich@vntu.edu.u

Anastasiya Humenchuk - student of the Sm-23b group of the Faculty of Civil Engineering, Civil and Environmental Engineering e-mail: flora.butterfly68954@gmail.com