

**SECTION 8. HEAT POWER ENGINEERING**DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-475-7-14>**TECHNICAL LIMITATIONS OF POWER-TO-HEAT  
TECHNOLOGY IMPLEMENTATION IN DISTRICT HEATING  
SYSTEMS OF UKRAINE****ТЕХНІЧНІ ОБМЕЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ  
POWER-TO-HEAT В СИСТЕМАХ ЦЕТРАЛІЗОВАНОГО  
ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ УКРАЇНИ****Derii V. O.**

*Candidate of Technical Sciences,  
Senior Research Fellow  
Institute of General Energy  
of the National Academy of Sciences  
of Ukraine  
Kyiv, Ukraine*

**Дерій В. О.**

*кандидат технічних наук,  
старший науковий співробітник  
Інститут загальної енергетики  
Національної академії наук України  
м. Київ, Україна*

**Zgurovets O. V.**

*Candidate of Technical Sciences,  
Leading Research Fellow  
Institute of General Energy  
of the National Academy of Sciences  
of Ukraine  
Kyiv, Ukraine*

**Згуровець О. В.**

*кандидат технічних наук,  
провідний науковий співробітник  
Інститут загальної енергетики  
Національної академії наук України  
м. Київ, Україна*

**Havrylenko Ya. V.**

*Postgraduate Student  
Institute of General Energy  
of the National Academy of Sciences  
of Ukraine  
Kyiv, Ukraine*

**Гавриленко Я. В.**

*аспірант  
Інститут загальної енергетики  
Національної академії наук України  
м. Київ, Україна*

Впровадження технології Power-to-Heat (PtH) набуває все більшого значення в умовах декарбонізації енергетичних систем та збільшення частки відновлюваних джерел енергії (сонячні (СЕС) та вітрові (ВЕС) електростанції). Однією з ключових переваг PtH є можливість використання надлишкової електроенергії для виробництва теплової енергії, що дозволяє зменшити використання викопних палив

у системах централізованого теплопостачання (ЦТ). Дослідження [1, 2, 3] показують, що РтН активно впроваджується в країнах ЄС, США, Китаї та Канаді, де технологія допомагає стабілізувати енергосистеми, забезпечуючи балансуювання попиту і пропозиції. Однак, незважаючи на швидкий розвиток, існує низка технічних обмежень, які необхідно враховувати для ефективної інтеграції РтН у системи ЦТ, зокрема в Україні, де технічний стан інфраструктури є одним з ключових факторів ризику.

Українська система централізованого теплопостачання стикається з серйозними технічними та економічними викликами не лише через старіння інфраструктури, але й через руйнування енергетичних об'єктів внаслідок військових дій. До того ж, зростання частки непередбачуваних джерел енергії, таких як ВЕС і СЕС, створює додатковий тиск на енергосистему.

Дослідження, проведені в країнах Європи та Північної Америки [1, 4, 5], показали, що технологія РтН сприяє оптимізації використання електроенергії в години низького попиту, зменшуючи навантаження на енергосистему і дозволяючи уникнути примусового відключення ВЕС та СЕС. Однак існує мало досліджень, присвячених саме технічним обмеженням, які виникають при впровадженні РтН у системах ЦТ, що функціонують на основі застарілої інфраструктури, як в Україні. Це робить необхідним проведення детальних досліджень у цьому напрямку.

**Технічні обмеження систем ЦТ.** В українських системах ЦТ відсутні спеціально збудовані теплові акумулятори, як це практикується в країнах ЄС для акумуляції надлишкової енергії від РтН. Єдиним варіантом акумуляції є використання магістральних теплових мереж.

В Україні в системах ЦТ застосовується якісне регулювання потужності, при якому витрати теплоносія залишаються постійними, а зміна потужності досягається через регулювання температури теплоносія. Таким чином кількість енергії, яку можна акумулювати в теплових мережах, можна обчислити за формулою [6]:

$$Q_d^{css} = k k_1 \rho V c [(T_d^1 - T_t^1) + (T_d^2 - T_t^2)] \cdot 10^{-3}, \quad (1)$$

де  $Q_d^{css}$  – допустима кількість теплової енергії, яку можна акумулювати в теплових мережах, МВт·год;  $k$  – коефіцієнт перерахунку, який дорівнює 0.2777 кВт·год/МДж;  $k_1$  – коефіцієнт, що враховує акумуляційні властивості матеріалів теплових мереж;  $\rho$  – густина теплоносія, кг/м<sup>3</sup>;  $V$  – об'єм трубопроводів, м<sup>3</sup>;  $c$  – питома теплоємність теплоносія, кДж/(кг·°С);  $T_d^1, T_d^2$  – допустимі температури у подавальних

і зворотних трубопроводах, °C;  $T_t^1, T_t^2$  – фактичні температури у подавальних і зворотних трубопроводах, °C.

Ця формула показує, що акумуляція теплової енергії залежить від температурного режиму і об'єму трубопроводів. Якщо поточні температури теплоносія високі, акумуляція тепла в мережах стає неможливою, оскільки мережі вже містять максимально допустиму кількість теплової енергії [7]. Це створює загрозу перевищення допустимих значень температур, що може призвести до порушення роботи системи.

Для забезпечення надійної роботи систем ЦТ під час взаємодії з PtH необхідно дотримуватись обмежень на максимальні температури теплоносія:

$$T_t^1, T_t^2 \leq T_d^1, T_d^2. \quad (2)$$

Крім того, відповідно до нормативних документів [8], зміна температури теплоносія повинна відбуватися повільно, зі швидкістю не більше 30 °C/год:

$$\frac{dT}{dt} \leq 30^\circ C/\text{год}. \quad (3)$$

Ці обмеження необхідні для запобігання термічному напруженню у трубопроводах та обладнанні, що знижує ризики пошкодження системи.

Впровадження технології Power-to-Heat у системах централізованого теплопостачання України має значний потенціал для зменшення споживання природного газу та зниження викидів парникових газів. Проте його ефективність залежить від дотримання низки технічних обмежень, які впливають на стабільність і безпеку роботи системи. Зокрема, критично важливо контролювати максимальні допустимі температури теплоносія у подавальних та зворотних трубопроводах, а також швидкість їхньої зміни.

Аналіз показав, що високі поточні температури теплоносія можуть унеможливити акумуляцію теплової енергії в системах без спеціалізованих теплових акумуляторів, що знижує ефективність технології PtH. Тому рекомендується розглянути модернізацію інфраструктури систем централізованого теплопостачання або впровадження спеціалізованих рішень для акумуляції теплової енергії. Це дозволить оптимізувати роботу системи і підвищити її гнучкість в умовах зростаючої частки відновлюваних джерел енергії.

### Література:

1. Renewable power-to-heat. Innovation landscape brief. IRENA. URL: <https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/>

Publication/2019/Sep/IRENA\_Power-to-heat\_2019.pdf?la=en&hash=524C1BFD59EC03FD44508F8D7CFB84CEC317A299 (дата звернення 26.09.2024).

2. Interreg Baltic Sea region, European Union, European regional development fund. Power-to-Heat & Power-to-Gas in District Heating systems. URL: [https://www.lowtemp.eu/wp-content/uploads/2021/01/BackgroundInfo\\_Power-to-Heat-and-Power-to-X\\_LowTEMP.pdf](https://www.lowtemp.eu/wp-content/uploads/2021/01/BackgroundInfo_Power-to-Heat-and-Power-to-X_LowTEMP.pdf) (дата звернення 26.09.2024).

3. Sihvonen Ville, Iisa Ollila, Jasmin Jaanto, Aki Grönman, Samuli Honkapuro, Juhani Riikonen, and Alisdair Price. Role of Power-to-Heat and Thermal Energy Storage in Decarbonization of District Heating. *Energy. Elsevier BV*. October 2024. Vol. 305, 132372. DOI: 10.1016/j.energy.2024.132372 (дата звернення 26.09.2024).

4. Diana Bottger, Mario Gotz, Myrto Theofilidi, Thomas Bruckner. Control power provision with power-to-heat plants in systems with high shares of renewable energy sources an illustrative analysis for Germany based on the use of electric boilers in district heating grids. *Energy. Elsevier*. 15 March 2015, Vol. 82, P. 157-167. DOI: 10.1016/j.energy.2015.01.022 (дата звернення 26.09.2024).

5. Dorotić Hrvoje, Marko Ban, Tomislav Pukšec, and Neven Duić. Impact of Wind Penetration in Electricity Markets on Optimal Power-to-Heat Capacities in a Local District Heating System. *Renewable and Sustainable Energy Reviews. Elsevier*. October 2020. Vol. 132, 110095. DOI: 10.1016/j.rser.2020.110095 (дата звернення 26.09.2024).

6. Білодід В. Д., Дерій В. О. Акумуляційна здатність теплових мереж. *Проблеми загальної енергетики*. 2015. № 3(42). С. 31–35. DOI: 10.15407/rge2015.03.031 (дата звернення 26.09.2024).

7. Дерій В. О., Білодід В. Д. Граничні обсяги акумуляції теплової енергії в системах централізованого теплопостачання. *Проблеми загальної енергетики*. 2019. № 2(57). С. 41–45. DOI: 10.15407/rge2019.02.041 (дата звернення 26.09.2024).

8. Правила технічної експлуатації теплових установок і мереж. Наказ Мінпаливенерго України № 71 від 14.02.2007. *Верховна Рада України* URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0197-07#Text> (дата звернення 26.09.2024).