

Література

1. Avdan, U., & Jovanovska, G. (2016). Algorithm for automated mapping of land surface temperature using LANDSAT 8 satellite data. *Journal of sensors*, 2016, P. 1–8.
2. Senanayake, I. P., Welivitiya, W. D. D. P., & Nadeeka, P. M. (2013). Remote sensing based analysis of urban heat islands with vegetation cover in Colombo city, Sri Lanka using Landsat-7 ETM+ data. *Urban Climate*, 5. URL: <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2013.07.004>
3. Wibowo, A., Yusoff, M. M., & Salleh, K. O. (2020). Monitoring urban heat signature and profiles of localized urban environment in the University of Malaya. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 481(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/481/1/012062>
4. Xiong, Q., Chen, W., Luo, S., He, L., & Li, H. (2022). Temporal and Spatial Variation of Land Surface Temperature in Recent 20 Years and Analysis of the Effect of Land Use in Jiangxi Province, China. *Atmosphere*, 13(8). URL: <https://doi.org/10.3390/atmos13081278>

АНАЛІЗ СВІТОВОГО ДОСВІДУ ЕНЕРГОМОДЕРНІЗАЦІЇ ТА ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ СФЕРИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

¹ПОЛИВ'ЯНЧУК А. П., ²АРСЕНЬЄВА О. П., ¹ПЕТРУК Р. В.,
¹ПОЛИВ'ЯНЧУК Н. М., ¹СЕМЕНЕНКО Р. А., ¹ЄФІМОВ О. С.

¹Вінницький національний технічний університет, ²Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
polyvianchuk_a@vntu.edu.ua, olga.arsenyeva@kname.edu.ua,
petrukrv@vntu.edu.ua, polyvianchuk_n@vntu.edu.ua, semenenko_r@vntu.edu.ua,
efimov_os@vntu.edu.ua

Згідно зі звітом International Energy Agency за 2022 рік, світ перебуває у критичному десятилітті для створення більш безпечних, стійких і доступних енергетичних систем. Глобальний підхід до нульових викидів до 2050 року передбачає падіння попиту на вугілля між 2020 і 2050 роками на 90%, на нафту на 75% і природний газ на 55%. Стратегія сталого розвитку енергетики зосереджена на розвитку відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), а також на підвищенні ефективності новітніх технологій. У Європейському Союзі 43% енергії споживається будівельним сектором, викидаючи 36% парникових газів у навколишнє середовище під час виробництва енергії, при цьому міська забудова споживає найбільш енергоресурсів та складає до 43% кінцевої енергії, в той час як 65% цього споживання витрачається на опалення приміщень та гаряче водопостачання [1]. У цьому напрямку Європейська комісія розробила комплексні стратегії впровадження вуглецево-нейтральних будівель до 2050

року, такі як Green Deal [2]. Актуальним завданням сталого розвитку міст є оновлення будинків та їх енергосистем, впровадження нових технологій на основі ВДЕ для опалення та гарячого водопостачання, надійних для всіх регіонів.

Однією з широко використовуваних можливостей зменшення споживання енергії для опалення та охолодження приміщень є зменшення потреби в енергії, наприклад, за допомогою інтелектуальних систем керування температурою в приміщенні [3], використання двостінних фасадів [4] та можливої оптимізації за допомогою Building Information Modelling (BIM) [5]. У цьому процесі виконання інтелектуального енергоаудиту, яке також може бути полегшено за допомогою даних BIM, є корисним і може значно прискорити процес реконструкції існуючих будівель. Однак, аналіз енергоефективності будівель, розташованих у різних регіонах Європейського Союзу, опублікований у [6], виявив різний попит на опалення/охолодження та споживання енергії для регіонів з різним кліматом, що ускладнює узагальнення рекомендацій для всіх кліматичних територій.

Водночас необхідна модернізація існуючої системи опалення з метою зменшення енергоспоживання та декарбонізації. Огляд сучасних технологій, які використовуються в централізованому теплопостачанні та засновані на відновлюваних джерелах енергії, опубліковано в роботі [7]. Визначено, що застосування сонячних і геотермальних джерел разом з тепловими насосами може підвищити ефективність систем централізованого теплопостачання (ЦТ) і знизити викиди парникових газів. Дослідження показали, що перехід до систем централізованого опалення 4-го покоління (4GDH), особливістю якого є використання ВДЕ, може сприяти кращій інтеграції між енергетичними секторами, зменшити втрати в мережі та сприяти інтеграції відновлюваних джерел енергії [8].

Одним із основних критеріїв ефективної модернізації систем опалення будинків є її економічна оцінка та наявні кошти для її впровадження. Встановленню оптимального інвестування при модернізації присвячено обмаль робіт, та дослідження ще тривають. Останні роботи демонструють важливість включення в оптимізацію всього часового горизонту життєвих циклів будівлі [9], це дозволяє забезпечити більш реалістичні шляхи декарбонізації будівель, відображаючи той факт, що інвестиційні рішення можуть прийматися на кількох етапах життєвого циклу будівель, і враховувати цінність інвестиційної гнучкості. Методологія визначення оптимальних стратегій декарбонізації для існуючих районів з урахуванням інвестиційних рішень щодо енергопостачання на рівні

будівлі та модернізації та розширення існуючих систем ЦТ була запропонована в роботі [10]. Моделювання представлено на прикладі двох існуючих досліджуваних районів у місті Кур, Швейцарія, які включають як житлові, так і багатофункціональні споруди. Результати показали, що модернізація є основним фактором витрат будь-якої стратегії декарбонізації. Тому вибір технологій і сам розмір енергетичних систем пропонують кращий вплив на скорочення викидів з помірним збільшенням витрат. Крім того, дослідження демонструють, що поєднання теплових насосів, теплових накопичувачів гарячої води та сонячної фотоелектричної системи є не лише CO₂-оптимальним, але також оптимальним з точки зору витрат для будинків без ЦТ.

Література

1. COM (2020) 662 – Communication from the Commission: Renovation Wave for Europe - greening our buildings, creating jobs, improving lives, Brussels, Belgium, 2020. <https://www.eumonitor.eu/9353000/1/j9vvik7mlc3gyxp/vlcxt8sq3zo>.
2. European Commission, The European Green Deal, COM (2019) 640 final, Brussels, 11.12.2019. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2019%3A640%3AFIN>.
3. Cholewa T., Siuta-Olcha A., Smolarz A., Muryjas P., Wolszczak P., Guz Ł., Bocian M., Sadowska G., Łokczewska W., Balaras C.A. On the forecast control of heating system as an easily applicable measure to increase energy efficiency in existing buildings: Long term field evaluation, *Energy and Buildings*, 292 (2023) 113174, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.113174>.
4. Aruta G., Ascione F., Bianco N., Iovane T., Mauro G.M. A responsive double-skin façade for the retrofit of existing buildings: Analysis on an office building in a Mediterranean climate, *Energy and Buildings*, 284 (2023) 112850, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.112850>.
5. Seghier T.E., Lim Y.-W., Harun M.F., Ahmad M.H., Samah A.A., Majid H.A., BIM-based retrofit method (RBIM) for building envelope thermal performance optimization, *Energy and Buildings*, 256 (2022) 111693, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111693>.
6. Valančius K., Grinevičiūtė M., Streckienė G., 2022. Heating and Cooling Primary Energy Demand and CO₂ Emissions: Lithuanian A+ Buildings and/in Different European Locations. *Buildings* 12, 570. DOI: <https://doi.org/10.3390/buildings12050570>.
7. Sarbu I., Mirza, M., Muntean, D., 2022. Integration of Renewable Energy Sources into Low-Temperature District Heating Systems: A Review. *Energies* 15, 6523. DOI: <https://doi.org/10.3390/en15186523>.
8. Sorknæs P., Østergaard P.A., Thellufsen J.Z., Lund H., Nielsen S., Djørup S., Sperling K.. The benefits of 4th generation district heating in a 100% renewable energy system, *Energy*, 213 (2020) 119030, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.119030>.
9. Richarz J., Henn S., Osterhage T., Müller D. Optimal scheduling of modernization measures for typical non-residential buildings, *Energy*, 238 (2022) 121871, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.121871>.
10. Lerbinger A., Petkov I., Mavromatidis G., Knoeri C. Optimal decarbonization strategies for existing districts considering energy systems and retrofits, *Applied Energy*, 352 (2023) 121863, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2023.121863>.