



Doi: <https://doi.org/10.33644/2313-6679-4-2023-6>

УДК 697.3



САВЧЕНКО О. О.

Канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри теплогазопостачання і вентиляції Національного університету «Львівська політехніка», м. Львів, Україна, e-mail: olena.o.savchenko@lpnu.ua, тел. +38 (032) 258-27-05, +38 (050) 868-18-14 ORCID: 0000-0003-3767-380X

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ В УМОВАХ ВІДНОВЛЕННЯ ТА ВІДБУДОВИ ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ ЦЕНТРАЛІЗОВАНИХ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

АНОТАЦІЯ

Енергетична ефективність будівель безпосередньо залежить від їх енергопотреб та викидів парникових газів при функціонуванні інженерних мереж. Одним з напрямків підвищення енергетичної ефективності будинків є використання систем централізованого теплопостачання. Вони дозволяють зменшити використання викопних видів палива та викиди парникових газів, спростити експлуатацію та технічне обслуговування будівель, забезпечити робочими місцями висококваліфікованих працівників. Існуючі нормативно-правові документи, які об'єднують вимоги до проектування, експлуатації та обслуговування систем централізованого теплопостачання, не містять кількісних показників енергетичної ефективності, яких необхідно дотримуватися при реконструкції та новому будівництві.

В умовах післявоєнної відбудови теплоенергетичної галузі основна концепція повинна бути налаштована на проектуванні нової інфраструктури за новими технологіями. Це потребує прийняття нового покоління нормативних документів щодо систем теплопостачання, які б сприяли впровадженню централізованих систем теплопостачання при новому будівництві, зокрема при відбудові зруйнованих під час бойових дій міст.

В статті розглянуті показники оцінювання енергетичної ефективності централізованого теплопостачання при їх проектуванні згідно з

вимогами європейських стандартів. Обґрунтовано необхідність введення національних стандартів, які би запропонували кількісні показники енергетичної ефективності систем централізованого теплопостачання, які пов'язані з прагненням України дотримуватися виконання міжнародних зобов'язань у питаннях декарбонізації. Крім того, у статті наведені заходи для підвищення енергетичної ефективності систем централізованого теплопостачання для забезпечення тепловою енергією старих будинків, будинків після термомодернізації та нових будинків, зокрема при відбудові зруйнованих населених пунктів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: енергетична ефективність будівель, системи централізованого теплопостачання, енергоощадні заходи, показники енергетичної ефективності, термомодернізація

INCREASING THE ENERGY EFFICIENCY OF STRUCTURES IN RECONSTRUCTION THROUGH THE USE OF DISTRICT HEATING SYSTEMS

ABSTRACT

The energy efficiency of buildings directly depends on its energy consumption and greenhouse gas emissions during the operation of its engineering networks. One of the ways to increase the energy efficiency of buildings is the use of district heating



systems. They make it possible to reduce the use of fossil fuels and greenhouse gas emissions, simplify the operation and maintenance of buildings, and provide jobs for highly qualified workers. Existing regulatory documents that combine requirements for design, operation and maintenance of district heating systems do not contain quantitative indicators of energy efficiency, which must be observed during reconstruction and new construction.

In the conditions of the post-war reconstruction of the thermal energy industry, the main concept should be focused on the design of new infrastructure using new technologies. This requires the adoption of a new generation of regulatory documents regarding heat supply systems, which would facilitate the implementation of district heating systems in new construction, in particular, in the reconstruction of cities destroyed during hostilities.

The article examines indicators of energy efficiency assessment of district heating systems during their design in accordance with the requirements of European standards. The need to introduce national standards that would offer quantitative indicators of the energy efficiency of district heating systems, which are related to Ukraine's desire to comply with international obligations in matters of decarbonization, is substantiated. In addition, the article provides measures to increase the energy efficiency of district heating systems to provide thermal energy to old buildings, buildings after thermal modernization, and new buildings, in particular, during the reconstruction of destroyed settlements.

KEYWORDS: energy efficiency of building, district heating system, energy saving measure, energy efficiency indicator, thermal modernization

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Енергоефективність є невід'ємним компонентом енергетичної безпеки держави та її сталого інноваційного розвитку. Ще у 2014 році Україна підписала Угоду про асоціацію з Європейським Союзом, що зобов'язує реалізувати Директиву ЄС про енергоефективність. З того часу відбувається поступове усвідомлення ролі енергоефективності, як інструменту забезпечення надійного енергопостачання, зменшення впливу на навколишнє середовище та залежності від імпортованих енергетичних ресурсів. Тому, підвищення енергетичної ефективності в усіх галузях народного господарства є одним з пріоритетних напрямків державної політики України. У житлово-комунальному господарстві для оцінки енергетичної ефективності будівель використовують показники оцінювання кількості енергії, що необхідна для створення належних умов проживання та життєдіяльності людей. Відповідно до наказу Міністерства регіонального розвитку, будівництва

та житлово-комунального господарства України № 169 від 11.07.2018, показниками енергетичної ефективності будівель є питома енергопотреба на опалення, охолодження, постачання гарячої води та значення питомого енергоспоживання на опалення, охолодження, постачання гарячої води, вентиляцію, освітлення, питома енергоспоживання первинної енергії та викидів парникових газів. Отже, одним з напрямків підвищення енергетичної ефективності будівлі є зменшення енергоспоживання на потреби систем опалення та гарячого водопостачання, а відповідно, використання енергоефективних систем теплопостачання.

У країнах Євросоюзу для виконання Директиви про енергоефективність та Зеленої угоди щодо досягнення кліматичної нейтральності одним із потужних заходів є використання систем централізованого теплопостачання, які дозволяють зменшити використання викопних видів палива та викиди парникових газів, спростити експлуатацію та технічне обслуговування будівель, забезпечити робочими місцями висококваліфікованих працівників. В Україні системи централізованого теплопостачання станом на 2019 рік забезпечували теплом близько 60 % систем опалення та понад 40% систем гарячого водопостачання житлових будинків у 121-му населеному пункті [1]. Тому, підвищення енергетичної ефективності існуючих систем централізованого теплопостачання та побудова нових енергоефективних систем централізованого теплопостачання безпосередньо впливають на енергетичну ефективність будівель та є особливо важливими при повоєнній відбудові.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

В Україні одна з найвищих у світі насиченість міст тепловими мережами. Загальна протяжність теплопроводів станом на 2018 рік становила 20,6 тис. км у двотрубному обчисленні [2]. Переважна більшість українських теплових мереж та установок генерації теплоти побудована у 1970-1980-х роках, основним джерелом енергії в них є природний газ (74 %), в якості теплоносія використовується перегріта вода, облік та диспетчеризація споживання теплової енергії майже відсутні [3]. Крім того, системи централізованого теплопостачання характеризуються зношенням частини основного обладнання. Так, за даними річного звіту Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП), 44,5 % котлів з терміном експлуатації понад 30 років і 83,9 % теплових мереж з терміном експлуатації понад 25 років підлягають реконструкції або модернізації [4], а втрати теплової енергії в існуючих теплових мережах становлять в серед-



ньому 30 % [5]. Такий стан систем централізованого теплопостачання не сприяє поширенню його впровадження у населення та забудовників. Так, при новому будівництві централізоване теплопостачання передбачається лише у 23,4 % проєктів, причому більшість будинків будується у м. Київ та м. Харків [6]. російсько-Українська війна ще більш поглибила проблеми централізованих систем теплопостачання. Станом на 1 листопада 2022 р. внаслідок масованих ударів по енергетичних об'єктах в Україні пошкоджено 585 об'єктів критичної інфраструктури у сфері теплопостачання, зокрема ТЕЦ, ТЕС, котельні та центральні теплові пункти [7], знищено та пошкоджено велику кількість житлових будинків, інженерні мережі яких були споживачами систем централізованого теплопостачання (рис. 1) [8]. Крім того, існують населені пункти, в яких понад 60 % інфраструктури було зруйновано в ході російського вторгнення в Україну [9].

Тому, у післявоєнній відбудові для підвищення енергетичної ефективності будівель та теплоенергетичної галузі основна концепція повинна бути налаштована на проектування нової інфраструктури за новими технологіями та європейськими стандартами.

В Євросоюзі для визначення енергоефективності систем централізованого теплопостачання було розроблено класифікацію залежно від типу джерела енергії, параметрів теплоносія, наявності теплоакumuлюючого обладнання, типу та якості утеплення трубопроводів теплових мереж. Вперше таку класифікацію було представлено у 2014 році [10], а потім доповнено у 2018 році [11]. Відповідно до даної класифікації, системи централізованого теплопостачання розрізняються за чотирма поколіннями: 1GDH, 2GDH, 3GDH, 4GDH. В Україні більшість систем централізованого теплопостачання відповідають

критеріям систем другого покоління 2GDH. Джерелом теплоти є ТЕЦ або опалювальні водогрійні котельні на викопних видах палива, а у якості теплоносія застосовується перегріта вода з параметрами теплоносія $T_1/T_2 = 150/70$ °C; $130/70$ °C; $115/70$ °C; $105/70$ °C; $95/70$ °C. Трубопроводи теплової мережі переважно виготовлені з електрозварних труб з нелегованої сталі, утеплених мінераловатними матами. Трубопроводи прокладалися підземно, переважно у залізобетонних непрохідних каналах [12].

Для підвищення енергетичної ефективності будівель під час післявоєнної відбудови України доцільно орієнтуватися на системи централізованого теплопостачання четвертого покоління 4GDH. Це системи, в яких для вироблення теплової енергії використовуються відновлювальні та вторинні джерела енергії, застосовується обладнання для акумуляції теплоти, низькотемпературний теплоносіє (65/45 °C), попередньо ізольовані трубопроводи, засоби обліку теплоти та прилади для регулювання відпуску теплової енергії [11, 12].

Для можливості реалізації таких систем в Україні необхідно передбачити відповідну систему нормативно-правових документів. В Україні в галузі теплопостачання діють наступні основні документи: Закон України «Про теплопостачання», Концепція реалізації державної політики у сфері теплопостачання та Національний план дій з енергоефективності на період до 2030 року. Всі вони сходяться на думці, що пріоритетними шляхами розвитку систем централізованого теплопостачання є використання відновлювальних та вторинних джерел енергії, застосування технологій комбінованого виробництва теплової та електричної енергії та використання вискоєфективного теплогенерувального обладнання та матеріалів. Проте, в даних документах не вказані кроки для впровадження таких заходів, зокрема план модернізації систем централізованого теплопостачання та послідовність технічних заходів для досягнення параметрів системи теплопостачання 4GDH, відсутні показники для оцінки ефективності технічних заходів та фінансово-економічні механізми стимулювання підвищення енергетичної ефективності систем централізованого теплопостачання. Тому, існує необхідність на національному рівні прийняття нового покоління нормативно-правових документів щодо систем теплопостачання, які повинні містити конкретні кроки для підвищення енергетичної ефективності систем централізованого теплопостачання, мінімально допустимі значення показників енергетичної ефективності систем, вказівки щодо зонування систем теплопостачання. Крім того, ці нові документи повинні акцентувати на пріоритетності впровадження централізованих систем теплопо-



Рисунок 1 – Пошкоджений будинок з тепловим пунктом (фото з відкритих джерел)



стачання під час нового будівництва, зокрема при відбудові зруйнованих під час бойових дій міст.

При оцінці енергетичної ефективності системи централізованого теплопостачання доцільно використати показники КРІ (Key Performance Indicator), які застосовують у країнах Євросоюзу. До них належать: частка відновлювальної енергії, %, коефіцієнт невідновлюваної первинної енергії, %, кількість викидів CO_2 , г/(кВт·год), кількість викидів інших забруднюючих речовин, г/(кВт·год), капітальні витрати, грн/кВт, експлуатаційні витрати, грн/кВт, екологічно-соціальні витрати, грн/кВт [13]. На значення КРІ значно впливають тип та потужність джерела тепла, вид енергетичних ресурсів, графік споживання теплової енергії, діаметр та теплова ізоляція трубопроводів теплових мереж, параметри зовнішнього повітря, показники енергетичної ефективності споживачів теплоти. Тому, для можливості порівняння різних систем централізованого теплопостачання доцільно використовувати питомі значення показників, наприклад, на одиницю потужності або попиту (1кВт).

Крім того, для можливості впровадження параметрів систем теплопостачання 4GDH в Україні необхідно розробити базу даних місцевих відновлювальних та вторинних енергетичних ресурсів. Такі статистичні дані дозволять оцінити кількість локальних енергетичних ресурсів та проаналізувати можливості заміни ними викопних видів палива. Автором статті була здійснена спроба просторового аналізу відновлювальних джерел Львівщини [14], проте, як показали дослідження, інформація щодо наявного потенціалу біомаси, зокрема паливної деревини, гною сільськогосподарських тварин, осаду стічних вод є відома для Львівської області загалом, а інформація для кожного району області – відсутня, що ускладнює вибір відновлювальних джерел енергії в конкретному населеному пункті.

Різними авторами вже розглядалися шляхи підвищення енергетичної ефективності систем централізованого теплопостачання [15, 16]. Зокрема, було оцінено можливість переходу систем централізованого теплопостачання на низькотемпературний теплоносій [17]. Проте виявилось, що перехід існуючих (незруйнованих) систем централізованого теплопостачання на параметри 4GDH є ускладненим через низькі теплофізичні характеристики огорожувальних конструкцій житлових будинків, зокрема опір теплопередачі. Хоча у 2022 році відбулося чергове збільшення значення мінімально-допустимого значення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій [18], проте через підвищення температури внутрішнього повітря для приміщень житлових будинків, яка має підтримуватися системою опалення [19], потужність системи опалення зменшилася лише на 7 % [17]. Крім того, пода-

ча низькотемпературного теплоносія у будинки неможлива без реконструкції теплових мереж та системи опалення цих будинків. Як показали попередні дослідження, при зменшенні температури теплоносія у подавальному трубопроводі системи теплопостачання з 150 до 70 °С втрати тиску збільшилися у понад 5 разів, що призводить до збільшення потужності циркуляційних насосів, та, відповідно, до збільшення споживання електричної енергії та собівартості цих насосів [16].

Ось чому, впровадження параметрів систем теплопостачання 4GDH в Україні безпосередньо залежать від енергетичної ефективності споживачів теплової енергії. По-різному відбувається перехід до енергоефективних систем централізованого теплопостачання в старих будинках, будинках після термомодернізації та у нових будинках, зокрема при відновленні зруйнованих міст.

Метою даної роботи є встановлення заходів для підвищення енергетичної ефективності будівель шляхом впровадження систем централізованого теплопостачання в існуючих та нових будинках у післявоєнній відбудові.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ДОСЛІДЖЕНЬ

Перехід централізованих систем теплопостачання України на показники систем теплопостачання четвертого покоління 4GDH потребує цілісного підходу, який спирається на синергію основних зацікавлених сторін, зокрема теплогенерувальних організацій, споживачів, органів державної та місцевої влади, кожна з яких має різне бачення розвитку систем централізованого теплопостачання, яке ґрунтується на власних знаннях, життєвому досвіді та потребах [20]. Саме від їх згуртованої роботи залежить швидкість та якість прийняття оптимальних рішень.

Тому, першим кроком до підвищення енергетичної ефективності систем теплопостачання є встановлення на законодавчому рівні мінімальних значень показників, які б описували енергетичні, екологічні, економічні та соціальні їх характеристики для модернізованих та нових будівель. Після цього потрібно розробити покрокову інструкцію для поступового досягнення цих показників існуючими теплогенерувальними організаціями. Проектування нового теплогенерувального обладнання та нових теплових мереж повинно відбуватися з дотриманням запропонованих мінімально допустимих вимог до енергетичної ефективності систем теплопостачання. У державному та міському бюджеті обов'язково передбачати кошти для підвищення енергетичної ефективності систем теплопостачання до мінімальних нормативних вимог, а також розробити привабливі для інвесторів умови залучення коштів. Крім того, необхідно розробити показники доцільності впровадження систем



централізованого теплопостачання, так зване «територіальне зонування теплопостачання населеного пункту» [16].

Для можливості впровадження системи теплопостачання 4GDH існує необхідність підвищувати енергетичну ефективність існуючих будівель та проектувати нові енергоощадні будинки, зокрема при післявоєнній відбудові.

Підвищення енергетичної ефективності існуючих будівель, перш за все, полягає в їх термомодернізації. Термомодернізаційні заходи включають утеплення зовнішніх стін, горищного та підвального переkritтя, використання енергоефективних покрівель [21], заміну вікон та дверей, зменшення інфільтрації зовнішнього повітря через нещільності у зовнішніх огороженнях будинку. Після досягнення огорожувальними конструкціями мінімально-допустимих теплофізичних показників можна переходити до наступних етапів підвищення енергетичної ефективності системи теплопостачання, зокрема модернізації систем опалення, модернізації (встановлення) індивідуального теплового пункту, модернізації джерела теплоти та модернізації теплових мереж. Енергоощадні заходи, які можна використати під час таких етапів, наведено на рис. 2. Послідовність та повнота вка-

заних етапів має визначатися відповідно до нових нормативно-правових документів та показників їх енергетичної ефективності. Якщо ж термомодернізація будинку вже проведена, тоді при підвищенні енергоефективності систем теплопостачання цей етап пропускають.

Для нових будинків, зокрема при відбудові зруйнованих населених пунктів, ще на стадії проектування потрібно встановити зонування систем теплопостачання, тобто визначити частини міста, будинки і споруди яких будуть підключені до систем централізованого теплопостачання. Після цього, досягнення показників системи теплопостачання 4GDH відбувається за наступною послідовністю. При проектуванні нових будинків, зокрема при повоєнній відбудові, ще на стадії проектування будинку потрібно закладати енергоощадні рішення. Особлива увага приділяється вибору будівельного майданчика, розташування будинку відносно інших будинків, Сонця та переважаючого вітру у місцевості та енергоощадним конструкціям зовнішніх огорожень будинку. Правильні проектні рішення цих параметрів можуть дозволити зменшити споживання енергії будівлями на 80 % [22].

Для енергоощадного будинку розробити енергоощадну систему теплопостачання наба-



Рисунок 2 – Етапи підвищення енергетичної ефективності систем централізованого теплопостачання старих будинків та будинків після термомодернізації



гато простіше. За рахунок низьких енергопотреб на систему опалення є можливість у системах централізованого теплопостачання використовувати низькотемпературний теплоносіє, а, відповідно, в якості джерела тепла використовувати теплові насоси. При цьому джерелом енергії для теплових насосів можуть бути поверхневі шари ґрунту, вода річок та озер, зовнішнє повітря, геотермальні води, скидне тепло від громадських та виробничих споруд. При використанні низькотемпературного теплоносія особливою має бути і система опалення будинку. У таких випадках доцільно використовувати панельно-променісті системи опалення, в яких в якості нагрівальних приладів використовуються будівельні конструкції будинку (стіни та перекриття) з вмонтованими трубопроводами [23]. Крім того, такі будівельні конструкції можна використовувати і для обігрівання, і для охолодження приміщень. Для цього робоча рідина в холодний та теплий періоди року подається від різних джерел, відповідно, тепло- та холодопостачання. Тому, при проектуванні будинку спочатку визначаються зі споживачами енергії, а вже потім приймають рішення про джерело енергії та енергетичні ресурси, які можна використати. Так, при потребі у тепловій та електричній енергії

при проектуванні нових житлових мікрорайонів необхідно віддавати перевагу когенераційним установкам, які в якості палива використовують біомасу різного походження.

Послідовність етапів для проектування енергоощадних систем теплопостачання нових будинків, зокрема при повоєнній відбудові, та енергоощадні заходи для їх реалізації наведено на рис. 3. Показники енергетичної ефективності запроєктованих систем теплопостачання мають відповідати показникам нових нормативно-правових документів.

ВИСНОВКИ

Енергетична ефективність будівель безпосередньо залежить від її енергопотреб та викидів парникових газів при функціонуванні інженерних мереж. Одним з напрямків підвищення енергетичної ефективності будинків є використання систем централізованого теплопостачання. Тому, в умовах післявоєнної відбудови необхідно віддавати пріоритет проектуванню таких систем, а основна концепція повинна бути налаштована на будівництво нової інфраструктури за новими технологіями. В статті розглянуті показники оцінювання енергетичної ефективності централізованого



Рисунок 3 – Етапи досягнення енергетичної ефективності систем централізованого теплопостачання нових будинків (зокрема при післявоєнній відбудові)



теплопостачання згідно з європейськими вимогами та обґрунтовано необхідність введення національних стандартів, які би запропонували кількісні показники енергетичної ефективності систем централізованого теплопостачання. Крім того, у статті наведені заходи для підвищення енергетичної ефективності систем централізованого теплопостачання для забезпечення тепловою енергією старих будинків, будинків після термомодернізації та нових будинків, зокрема при післявоєнній відбудові.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Сістані Е. М., Ковальчук І., Ушилайтешульте Л., фон Краузе-Кон М., Кабакова М., Жук О., Шмельхер С., Бондарук В. Посібник для України. Трансформація системи теплопостачання. Частина А: Цілі та загальні умови. Переклад: Д-р Юрій Сильвестров, Вид-во: Німецьке енергетичне агентство ГмБХ Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), 2020. 48 с.
2. Карп, І. М., Нікітін, Є. Є., П'яних, К. Є. та ін. Стан та шляхи розвитку системи централізованого теплопостачання в Україні. Київ: Наукова думка, 2021. Книга 1. 264 с.
3. Фіалко Н. М., Тимченко М. П. Особливості систем централізованого теплопостачання України. Міжнародний науковий журнал «Інтернаука». 2023. № 3. 9 с.
4. Звіт про результати діяльності Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг у 2019 р. Київ, 2020. 354 с.
5. Теплозабезпечення великих міст України: поточний стан і напрями модернізації: кол. моногр. / за ред. М. О. Кизима, Є. І. Котлярова. Харків: ФОП Лібуркіна Л. М., 2021. 340 с.
6. Кизим М. О., Хаустова В. Є., Котляров Є. І. Специфіка господарських відносин у теплоенергетиці України. Бізнесінформ. 2023. № 8. С. 157-170.
7. Нинько Д. Опалювальний сезон під час війни: чи буде в українців тепло? URL: <https://p.dw.com/p/4IycM> (дата звернення: 25.10.2023).
8. Фаренюк Г. Г. Вплив екстремальних дій на експлуатаційну придатність та надійність конструкцій фасадної теплоізоляції. Наука та будівництво. 2023. № 2. С.3-11.
9. Туди прийшов «руський мир»: які міста України були повністю або частково зруйновані під час війни. URL: <https://www.slovoidilo.ua/2023/02/03/infografika/suspilstvo/tudy-pryshov-ruskyj-myryaki-mista-ukrayiny-buly-povnistyu-abo-chastkovo-zruynovani-vijny> (дата звернення: 25.10.2023).
10. Lund, H.; Werner, S.; Wiltshire, R.; Svendsen, S., Thorsen, J.E.; Hvelplund, F. 4th Generation District Heating (4GDH). Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems. Energy. 2014. № 68. Pp. 1-11.
11. Lund, H.; Østergaard, P.A.; Chang, M.; Werner, S.; Svendsen, S.; Sorknæs, P. The status of 4th generation district heating: research and results. Energy. 2018. № 164. Pp. 147-159.
12. Гламаздін П. М., Баранчук К. О., Приймак О. В. Нові підходи до організації централізованого теплопостачання. Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання. 2021. № 39. С. 38-46.
13. Ivančić, A.; Romanić, J.; Salom, J.; Cambronero, M.V. Performance assessment of district energy systems with common elements for heating and cooling. Energies. 2021. № 14. Pp. 2334.
14. Savchenko, O.; Yurkevych, Y.; Liubuska, I. Spatial analysis of renewable energy sources in Lviv region. Energy Engineering and Control Systems. 2023. № 9(1). Pp. 22 – 30.
15. Кизим М. О., Котляров Є. І., Хаустова В. Є. Аналіз тенденцій розвитку централізованого теплопостачання в Україні. Бізнесінформ, 2023. № 8. С. 68-81.
16. Керівництво з розробки схем теплопостачання. Проєкт енергетичної безпеки (ПЕБ). Київ: USAID, 2021. 264 с.
17. Savchenko, O.; Yurkevych, Y.; Voznyak, O.; Savchenko, Z. Assessment of the possibility of transferring Ukrainian district heating systems to low-temperature coolants. Theory and Building Practice. 2023. № 5 (1). Pp. 28–36.
18. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. Київ: Міністерство розвитку громад та територій України, 2022. 27 с.
19. ДБН В.2.2-15:2019. Житлові будинки. Основні положення. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2019. 42 с.
20. Angelidis, O.; Ioannou, A.; Friedrich, D.; Thomson, A. & Falcone, G. District heating and cooling networks with decentralised energy substations: Opportunities and barriers for holistic energy system decarbonisation. Energy. 2023. № 269.
21. Savchenko, O. A review of energy saving and energy effective roofings. Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej. Budownictwo. 2021. № 27. Pp. 219–224.
22. Lechner, N. Heating, cooling, lighting: sustainable design methods for architects.



- New Jersey: Wiley, 2020. 40 p.
23. Villar-Ramos, M. M.; Hernández-Pérez, I.; Aguilar-Castro, K. M.; Zavala-Guillén, I.; Macias-Melo, E.V.; Hernández-López, I.; Serrano-Arellano, J. A review of thermally activated building systems (TABS) as an alternative for improving the indoor environment of buildings. *Energies*. 2022. № 15. Pp. 61-79.

REFERENCES

1. Sistanii, E. M., Kovalchuk, I., Ushylaytite-Shulte, L., von Krauze-Kon, M., Kabakova, M., Zhuk, O., Shmelkher, S., & Bondaruk, V. (2020). Handbook for Ukraine: Transformation of the heating system. Part A: Objectives and General Conditions. German Energy Agency GmbH Deutsche Energie-Agentur GmbH.
2. Karp, I. M., Nikitin, Y. Y., Pyanykh, K. Y., et al. (2021). State and Development Paths of the Centralized Heating System in Ukraine (Book 1). Kyiv: Naukova dumka.
3. Fialko, N. M., & Tymchenko, M. P. (2023). Features of centralized heating systems in Ukraine. *International Scientific Journal "Internauka,"* 3, 9.
4. National Commission for State Regulation in the Energy and Utilities Sectors. (2020). Report on the Results of Activities in 2019. Kyiv.
5. Kyzim, M. O., & Kotlyarov, Y. I. (Eds.). (2021). Heat Supply in Large Cities of Ukraine: Current State and Modernization Directions. Kharkiv: FOP Liburkina L. M.
6. Kyzim, M. O., Haustova, V. Ye., & Kotlyarov, Y. I. (2023). Specifics of Economic Relations in the Thermal Power Industry of Ukraine. *Biznesinform*, 8, 157-170.
7. Nynko, D. (2022). Heating season during the war: Will Ukrainians have warmth? Retrieved from <https://p.dw.com/p/4IycM>
8. Farenjuk, G. G. (2023). Impact of extreme actions on the operational suitability and reliability of facade thermal insulation structures. *Science and Construction*, 2, 3-11.
9. SlovoDilo.ua. (2023). The "Russian world" came there: which cities of Ukraine were completely or partially destroyed during the war. Retrieved from <https://www.slovoidilo.ua/2023/02/03/infografika/suspilstvo/tudy-pryjshov-ruskyj-myr-yaki-mista-ukrayiny-buly-povnistyu-abo-chastkovo-zrujnovani-vijny>
10. Lund, H.; Werner, S.; Wiltshire, R.; Svendsen, S.; Thorsen, J.E.; Hvelplund, F. et al. (2014) 4th Generation District Heating (4GDH). Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems. *Energy*, 68, 1-11.
11. Lund, H.; Østergaard, P.A.; Chang, M.; Werner, S.; Svendsen, S.; Sorknæs, P. et al. (2018) The status of 4th generation district heating: research and results. *Energy*, 164, 147-159.
12. Glamazdin, P. M., Baranchuk, K. O., & Priymak, O. V. (2021). New approaches to the organization of centralized heating. *Ventilation, Lighting, and Heat Gas Supply*, 39(4), 38-46.
13. Ivančić, A.; Romanić, J.; Salom, J.; Cambro-nero, M.V. (2021) Performance assessment of district energy systems with common elements for heating and cooling. *Energies*, 14, 2334.
14. Savchenko, O.; Yurkevych, Y.; Liubuska, I. (2023) Spatial analysis of renewable energy sources in Lviv region. *Energy Engineering and Control Systems*, 9 (1), 22 – 30.
15. Kyzym, M. O., Kotlyarov, Y. I., & Haustova, V. Ye. (2023). Analysis of trends in the development of centralized heating in Ukraine. *Biznesinform*, 8(68-81).
16. USAID. (2021). Guidelines for the development of district heating schemes. Energy Security Project (ESP). Kyiv.
17. Savchenko, O.; Yurkevych, Y.; Voznyak, O.; Savchenko, Z. (2023) Assessment of the possibility of transferring Ukrainian district heating systems to low-temperature coolants. *Theory and Building Practice*, 5 (1). 28–36.
18. DBN V.2.6-31:2021. (2022). Thermal insulation and energy efficiency of buildings. Kyiv: Ministry of Community and Territorial Development of Ukraine.
19. DBN V.2.2-15:2019. (2019). Residential buildings. Basic provisions. Kyiv: Ministry of Regional Development, Construction, and Housing and Communal Services of Ukraine.
20. Angelidis, O.; Ioannou, A.; Friedrich, D.; Thomson, A. & Falcone, G. (2023). District heating and cooling networks with decentralised energy substations: Opportunities and barriers for holistic energy system decarbonisation. *Energy*, 269.
21. Savchenko, O. (2021) A review of energy saving and energy effective roofings. *Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej. Budownictwo*. 27. 219–224.
22. Lechner, N. (2020). Heating, Cooling, Lighting: Sustainable Design Methods for Architects. New Jersey: Wiley.
23. Villar-Ramos, M. M.; Hernández-Pérez, I.; Aguilar-Castro, K. M.; Zavala-Guillén, I.; Macias-Melo, E.V.; Hernández-López, I.; Serrano-Arellano, J. (2022) A review of thermally activated building systems (TABS) as an alternative for improving the indoor environment of buildings. *Energies*, 15, 61-79.

Стаття надійшла до редакції 10 листопада 2023 р.