УДК 697.1:696.2:620.9

Ободянська О.І.
Майстер О.Д.

КОМПЛЕКСНІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ РІШЕННЯ ПРИ ПРОЄКТУВАННІ СИСТЕМ ТЕПЛОГАЗОПОСТАЧАННЯ БАГАТОПОВЕРХОВИХ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі розглянуто комплексні енергоефективні рішення під час проєктування систем теплогазопостачання багатоповерхових житлових будинків. Основну увагу приділено особливостям застосування індивідуального поквартирного теплопостачання з використанням двоконтурних газових котлів, які забезпечують потреби мешканців в опаленні та гарячому водопостачанні. Проаналізовано основні чинники, що впливають на енергоспоживання будівлі, зокрема теплотехнічні характеристики огороджувальних конструкцій, герметичність будівлі, ефективність опалювального обладнання та можливості регулювання параметрів мікроклімату. Визначено доцільність поєднання заходів із термомодернізації будівлі, автоматизації роботи систем опалення, застосування термостатичного регулювання та раціонального використання природного газу. Окрему увагу приділено врахуванню вимог нормативних документів під час проєктування систем газопостачання, вентиляції та відведення продуктів згоряння. Обґрунтовано, що комплексний підхід до проєктування інженерних систем і підвищення енергоефективності будівлі сприяє зменшенню експлуатаційних витрат, підвищенню комфорту проживання та раціональному використанню паливно-енергетичних ресурсів.

Ключові слова: енергоефективність, багатоповерховий житловий будинок, теплогазопостачання, індивідуальне опалення, двоконтурний газовий котел, природний газ, термомодернізація, енергозбереження.

Abstract

This paper examines comprehensive energy-efficient solutions for the design of heat and gas supply systems in multi-story residential buildings. Particular focus is placed on the implementation of individual, apartment-level heating systems utilizing dual-circuit gas boilers, which meet residents' needs for both space heating and domestic hot water. The study analyzes key factors influencing a building's energy consumption, including the thermal performance of the building envelope, airtightness, the efficiency of heating equipment, and the ability to regulate indoor climate parameters. The paper highlights the benefits of integrating building thermal retrofitting, the automation of heating systems, the use of thermostatic controls, and the rational consumption of natural gas. Special attention is given to compliance with regulatory requirements during the design of gas supply, ventilation, and flue gas exhaust systems. It is demonstrated that a comprehensive approach to the design of engineering systems and the enhancement of building energy efficiency contributes to lower operational costs, improved living comfort, and the rational use of fuel and energy resources.

Keywords: energy efficiency, multi-story residential building, heat and gas supply, individual heating, dual-circuit gas boiler, natural gas, thermal retrofitting, energy conservation.

Вступ

Одним із пріоритетних напрямів розвитку сучасного житлового будівництва є підвищення енергоефективності будівель шляхом упровадження раціональних архітектурно-конструктивних та інженерно-технічних рішень. Значна частка енергетичних ресурсів у житловому секторі використовується для забезпечення потреб опалення, вентиляції та гарячого водопостачання. Водночас рівень енергоспоживання будівель залежить не лише від ефективності теплогенерувального обладнання, а й від теплозахисних характеристик огороджувальних конструкцій, організації повітрообміну, режимів експлуатації інженерних систем та можливостей автоматичного регулювання.

У роботі М. В. Мороза «Енергоефективність житлових будинків» [1] наголошується на необхідності комплексного врахування теплових втрат через зовнішні огороджувальні конструкції, вікна та покрівлю, а також додаткових втрат, пов'язаних із прихованими дефектами конструкцій і нещільностями. Автор розглядає термомодернізацію як один із важливих заходів скорочення енергоспоживання будівель. Аналогічний комплексний підхід представлено в навчальному посібнику «Енергоефективність в муніципальному секторі» [2], де розглядаються питання енергетичного

обстеження будівель, модернізації систем опалення, автоматичного регулювання та обліку споживання енергоресурсів. Особливої актуальності набуває застосування індивідуальних систем теплопостачання квартир багатоповерхових житлових будинків із використанням природного газу. Встановлення двоконтурних газових котлів у кожній квартирі забезпечує можливість автономного регулювання температурного режиму приміщень та приготування гарячої води відповідно до індивідуальних потреб мешканців. При цьому ефективність таких систем визначається правильністю вибору теплогенерувального обладнання, обґрунтованістю проєктних рішень систем опалення та газопостачання, а також застосуванням сучасних засобів автоматизації.

Мета роботи – обґрунтування комплексних енергоефективних рішень під час проєктування систем теплопостачання та газопостачання багатоповерхових житлових будинків із використанням індивідуальних двоконтурних газових котлів, спрямованих на раціональне використання природного газу, скорочення теплових втрат та підвищення комфортності проживання.

Результати дослідження

Об’єктом дослідження є багатоповерховий житловий будинок, для якого передбачено індивідуальне теплопостачання квартир із використанням природного газу. Проєктним рішенням передбачається встановлення в кожній квартирі двоконтурного газового котла, призначеного для забезпечення потреб у тепловій енергії на опалення приміщень та приготування гарячої води. Такий підхід характеризується децентралізацією виробництва теплової енергії, оскільки теплова енергія генерується безпосередньо в місці її споживання, що дає змогу організувати незалежне теплозабезпечення окремих квартир.

Використання індивідуальних двоконтурних котлів забезпечує можливість самостійного встановлення температурних параметрів у приміщеннях, регулювання тривалості роботи опалювального обладнання та приготування гарячої води за фактичної потреби. Важливою перевагою є також можливість індивідуального обліку споживання природного газу, що створює передумови для формування відповідального ставлення мешканців до використання енергетичних ресурсів.

Водночас під час проєктування таких систем необхідно враховувати особливості роботи двоконтурного обладнання, зокрема змінність навантаження на опалення та гаряче водопостачання. Вибір потужності котла повинен здійснюватися з урахуванням розрахункових тепловтрат квартири, потреби в гарячій воді, режиму пріоритетного її приготування та можливостей регулювання теплової продуктивності. При цьому завищення потужності обладнання відносно фактичної потреби може призводити до нераціональних режимів роботи, частих циклів увімкнення та вимкнення пальника і погіршення експлуатаційних характеристик системи.

Важливою передумовою енергоефективної роботи індивідуального опалення є правильне визначення теплового навантаження квартир. Під час його формування необхідно враховувати тепловтрати через зовнішні стіни, вікна, покриття, перекриття та інші огороджувальні конструкції, а також витрати теплоти на нагрівання зовнішнього повітря, що надходить у приміщення через вентиляцію та інфільтрацію. Окрім цього, на тепловий баланс впливають орієнтація фасадів, інтенсивність сонячного випромінювання, вітрові умови та внутрішні тепловиділення від людей, освітлення і побутового обладнання [1].

Одним із найбільш результативних напрямів зниження потреби будівлі в тепловій енергії є підвищення теплозахисних характеристик огороджувальних конструкцій. Це передбачає застосування ефективних теплоізоляційних матеріалів, усунення містків холоду, підвищення герметичності віконних і дверних конструкцій, а також належне утеплення покрівлі та конструкцій, що межують із неопалюваними приміщеннями. У матеріалах AW-Therm «Енергоефективний будинок: огляд сучасних рішень та технологій» [6] особливу увагу приділено комплексному підходу до архітектурного та інженерного проєктування, використанню конструктивних рішень для усунення містків холоду, підвищенню герметичності будівлі та застосуванню автоматизованих систем управління мікрокліматом.

Зокрема, важливим чинником є теплова інерційність конструкцій будівлі, яка визначається їхньою теплоємністю та здатністю акумулювати теплову енергію. Раціональне поєднання теплоізоляційних властивостей і теплоакумулювальної здатності конструкцій сприяє зменшенню коливань температури внутрішнього повітря та стабілізації теплового режиму приміщень. При цьому архітектурні рішення, орієнтація світлопрозорих конструкцій і використання засобів сонцезахисту дають змогу раціонально

використовувати сонячні теплонадходження та запобігати перегріванню приміщень у теплий період року [6].

Важливим складником комплексної енергоефективності є система вентиляції. Підвищення герметичності огороджувальних конструкцій повинно супроводжуватися організацією нормативного повітрообміну, оскільки неконтрольоване зменшення надходження зовнішнього повітря може погіршувати якість внутрішнього середовища. Одним із сучасних рішень є застосування припливно-витяжної вентиляції з рекуперацією теплоти, яка забезпечує використання теплоти видаленого повітря для попереднього нагрівання припливного. Це дає змогу скоротити додаткові витрати теплової енергії на вентиляційні потреби та забезпечити належні параметри мікроклімату. Водночас для квартир із газовими котлами вентиляційні рішення, подавання повітря для горіння та відведення продуктів згоряння повинні відповідати вимогам щодо конкретного типу обладнання та чинних нормативних документів.

Енергоефективні рішення системи опалення. Одним із визначальних напрямів підвищення ефективності індивідуального теплопостачання є застосування сучасних засобів автоматичного регулювання роботи газових котлів. Зокрема, використання кімнатних термостатів забезпечує підтримання заданої температури повітря в приміщеннях шляхом автоматичного керування теплогенератором. Це дає змогу уникати надмірного нагрівання приміщень, скорочувати тривалість роботи котла за відсутності потреби в теплі та враховувати внутрішні теплонадходження. Додатковий потенціал енергозбереження забезпечує застосування погодозалежного регулювання, за якого температура теплоносія в системі опалення коригується залежно від температури зовнішнього повітря. За підвищення температури зовнішнього середовища теплове навантаження приміщень зменшується, що створює можливість зниження температури теплоносія та оптимізації режиму роботи котла. Для реалізації такого рішення необхідно передбачати сумісність газового котла з відповідними датчиками та регуляторами.

Важливе значення має використання газових котлів із можливістю модуляції потужності, що дає змогу змінювати інтенсивність тепловиробництва відповідно до поточних потреб системи опалення. Такий режим особливо актуальний у перехідні періоди опалювального сезону, коли фактичні тепловтрати квартири є меншими за розрахункові. Узгодження потужності теплогенератора з поточним навантаженням сприяє стабілізації температурного режиму та раціональнішому використанню природного газу.

Значний вплив на ефективність системи опалення має також правильний підбір опалювальних приладів, їх розміщення та гідравлічне балансування внутрішньоквартирної системи. У конспекті лекцій О. М. Малявіної та В. А. Міланка «Опалення» [8] розглянуто конструктивні схеми водяного опалення, особливості горизонтального та колекторного розведення, характеристики опалювальних приладів і засоби підвищення енергетичних показників систем. Зокрема, застосування сучасних трубопроводів, теплоізоляції та терморегуляторів створює умови для підвищення ефективності роботи опалювального обладнання.

Гідравлічне балансування забезпечує рівномірний розподіл теплоносія між опалювальними приладами відповідно до їхніх розрахункових потреб. Застосування регулювальної арматури дає змогу уникати надмірної витрати теплоносія через окремі прилади, зменшувати температурну нерівномірність у приміщеннях і забезпечувати стабільні умови роботи системи. У матеріалах компанії Danfoss [7] підкреслюється, що належне гідравлічне балансування є необхідною умовою комфортної та ефективної роботи систем опалення, а поєднання терморегуляторів із балансувальною арматурою сприяє оптимізації теплоспоживання. Хоча наведені в джерелі приклади стосуються переважно модернізації централізованих систем багатоквартирних будинків, принципи регулювання тепловіддачі та забезпечення гідравлічної стійкості можуть бути використані і під час проєктування квартирних систем опалення.

Окрему увагу необхідно приділяти енергоефективності гарячого водопостачання. Оскільки двоконтурний котел забезпечує нагрівання води безпосередньо під час її споживання, обсяг використаного природного газу залежить від фактичного водорозбору та температури нагрівання. Раціональне використання гарячої води може бути забезпечене застосуванням водозберігаючої сантехнічної арматури, аераторів, душових насадок зі зменшеною витратою води та належним налаштуванням температури гарячої води.

Проєктування системи газопостачання. Невід’ємним складником комплексного проєктного рішення є система газопостачання, яка повинна забезпечувати надійне та безпечне подавання

природного газу до газового обладнання квартир. Її проєктування передбачає визначення розрахункових витрат газу з урахуванням встановленої потужності двоконтурних котлів, кількості квартир та режимів одночасного використання обладнання. На підставі вихідних даних виконують гідравлічний розрахунок газопроводів, визначають їхні розрахункові діаметри, втрати тиску та перевіряють відповідність параметрів газопостачання вимогам виробників газового обладнання [14].

Під час розроблення проєктних рішень необхідно враховувати вимоги ДБН В.2.5-20:2018 «Газопостачання» [10], який встановлює вимоги до проєктування систем газопостачання під час нового будівництва, реконструкції та технічного переоснащення. Нормативні положення охоплюють питання вибору систем газопостачання, параметрів тиску, прокладання газопроводів, використання газового обладнання та забезпечення безпеки його експлуатації. Важливими складниками проєктування є передбачення запірної арматури, обліку споживання природного газу, належних умов вентиляції, подавання повітря для горіння та відведення продуктів згоряння [11, 13].

Відповідно до положень ДБН, газове обладнання, матеріали та технічні вироби, передбачені проєктом, повинні відповідати чинним стандартам і нормативним вимогам, а проєктні рішення мають містити заходи з безпеки газопостачання та пожежної безпеки [9, 12]. Тому під час проєктування багатоповерхового житлового будинку важливо забезпечити взаємне узгодження систем газопостачання, вентиляції та димовідведення з урахуванням характеристик установлених двоконтурних котлів.

У навчальному посібнику «Енергоефективні технології» за загальною редакцією А. С. Мандрики [5] розглядаються сучасні підходи до раціонального використання енергетичних ресурсів, підвищення ефективності енергетичних систем та впровадження технологічних рішень, спрямованих на зменшення енергоспоживання. Використання цих підходів у житловому будівництві передбачає узгодження характеристик інженерного обладнання з потребами споживачів та оцінювання енергетичних результатів його експлуатації.

Комплексний підхід до оцінювання енергоефективності. Оцінювання результативності прийнятих проєктних рішень доцільно здійснювати з урахуванням сукупного енергоспоживання будинку та окремих квартир. Основними показниками такого оцінювання є розрахункова потреба в тепловій енергії на опалення, потреба в гарячій воді, встановлена потужність газових котлів, прогнозоване споживання природного газу та ефективність застосованих засобів автоматичного регулювання.

Витрати природного газу необхідно розглядати окремо за напрямами використання: на опалення приміщень і приготування гарячої води. Такий розподіл дає змогу визначити, яка складова енергоспоживання має найбільший вплив на загальні експлуатаційні витрати та які заходи можуть забезпечити найбільший ефект. Наприклад, для зменшення споживання газу на опалення доцільно зосередитися на зниженні тепловтрат будівлі, оптимізації температурних режимів та автоматизації роботи котлів, тоді як для гарячого водопостачання важливими є раціональне споживання води й оптимізація її температури.

Методичні підходи до енергетичного обстеження, аналізу фактичного споживання енергоресурсів та вибору економічно доцільних заходів розглянуто в навчальному посібнику «Енергоефективність в муніципальному секторі» [2]. Зокрема, перед упровадженням енергозберігаючих заходів доцільно визначити основні джерела втрат енергії, оцінити стан огороджувальних конструкцій, проаналізувати характеристики інженерного обладнання та порівняти можливі варіанти модернізації.

Практичні аспекти термомодернізації житлових будинків, технічного обстеження конструкцій та інженерних систем висвітлено в посібнику «Енергоефективний будинок крок за кроком. Книга 3. Капітальний ремонт і термомодернізація будинку» [4]. У ньому наголошується на важливості комплексного підходу до підвищення енергоефективності, який передбачає не лише утеплення огороджувальних конструкцій, а й забезпечення належного технічного стану інженерних мереж, обладнання, систем контролю та управління.

Сучасні дослідження модернізації систем теплопостачання житлового сектору також підтверджують доцільність комплексного впровадження енергоефективних технологій, автоматизованого управління та використання сучасних матеріалів [3]. Хоча в зазначеній роботі основна увага приділена модернізації централізованих теплових мереж, наведені підходи до підвищення надійності та ефективності інженерної інфраструктури є актуальними і для житлових будинків із індивідуальними джерелами теплоти.

Таким чином, оцінювання енергоефективності запроєктованих систем повинно охоплювати не тільки характеристики газових котлів, а й теплотехнічні параметри будівлі, ефективність системи

вентиляції, режими споживання гарячої води та можливості автоматизованого керування. Важливо також розмежовувати розрахунковий потенціал енергозбереження та фактичне скорочення споживання природного газу, яке може бути підтверджене за результатами експлуатаційного моніторингу.

Висновки

Комплексний підхід до проєктування систем теплогазопостачання багатоповерхових житлових будинків із використанням індивідуальних двоконтурних газових котлів передбачає узгоджене врахування теплових навантажень квартир, теплозахисних характеристик огороджувальних конструкцій, параметрів систем опалення та гарячого водопостачання, а також вимог до системи газопостачання. Встановлено, що основними напрямами підвищення енергоефективності є зменшення тепловтрат будівлі шляхом удосконалення теплоізоляції та герметичності огороджувальних конструкцій, використання газових котлів із модуляцією потужності, застосування кімнатних термостатів і погодозалежного регулювання, гідравлічне балансування систем опалення та раціональне використання гарячої води. Додаткові можливості енергозбереження пов’язані з упровадженням систем вентиляції з рекуперацією теплоти та автоматизованих засобів управління інженерним обладнанням за умови їх відповідності вимогам безпечної експлуатації газових приладів. Отже, поєднання енергоефективних архітектурно-конструктивних та інженерно-технічних рішень створює передумови для скорочення споживання природного газу, зменшення експлуатаційних витрат, підвищення надійності інженерних систем та забезпечення комфортних умов проживання в багатоповерхових житлових будинках.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Мороз М. В. Енергоефективність житлових будинків. Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України. URL: https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/34ef9145-1020-4fbc-986e-8715dd62cfde/content (дата звернення: 23.10.2026).

2. Енергоефективність в муніципальному секторі : навчальний посібник для посадових осіб місцевого самоврядування / А. Максимов та ін. Київ : Асоціація міст України, 2015. 184 с. URL: https://enefcities.org.ua/upload/files/3energoefweb(1).pdf (дата звернення: 02.11.2026).

3. Тарасенко М., Козак К., Коваль В. Модернізація систем теплопостачання в житловому секторі України: виклики, технічні рішення та енергоефективні заходи. Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences. 2026. Т. 363, № 2. С. 365–370. DOI: https://doi.org/10.31891/2307-5732-2026-363-50.

4. Енергоефективний будинок крок за кроком. Книга 3. Крок третій: капітальний ремонт і термомодернізація будинку / В. Погорєлова, Д. Левицький, А. Колієнко, О. Олефірова, Е. Козіна. Київ, 2011. 144 с. URL: https://obolon-2023.kyivcity.gov.ua/files/2015/1/17/Krok3.pdf (дата звернення: 05.11.2026).

5. Енергоефективні технології : навчальний посібник / А. С. Мандрика, С. С. Антоненко, О. Г. Гусак та ін. ; за заг. ред. А. С. Мандрики. Суми : Сумський державний університет, 2021. 330 с. URL: https://essuir.sumdu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/997e7d13-39b2-46ef-9b8d-b9bddc6233b0/content (дата звернення: 03.11.2026).

6. Енергоефективний будинок: огляд сучасних рішень та технологій. AW-Therm. URL: https://aw-therm.com.ua/energoefektivnij-budinok-oglyad-tehnologij-ta-vitrat/ (дата звернення: 26.10.2026).

7. Модернізація системи опалення в багатоквартирних будинках: три кроки до індивідуального комфорту та економії. Danfoss. 18.05.2020. URL: https://www.danfoss.com/uk-ua/service-and-support/articles/dhs/modernizatsiia-systemy-opalennia-v-bahatokvartyrnykh-budynkakh/ (дата звернення: 24.10.2026).

8. Малявіна О. М., Міланко В. А. Опалення : конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023. 96 с. URL: https://eprints.kname.edu.ua/63429/1/Малявіна,%20Міланко,%20109Л,%202021,%20pdf.pdf (дата звернення: 01.11.2026).

9. Правила безпеки систем газопостачання : офіц. вид. Київ, 2015. 68 с.

10. Інженерне обладнання будинків і споруд. Газопостачання : ДБН В.2.5-20:2018. Чинний від 01.07.2019. Київ : Держбуд України, 2019. 207 с. (Національний стандарт України).

11. Ратушняк Г. С., Ободянська О. І. Управління змістом проєктів із забезпечення надійності зовнішніх газорозподільних мереж : монографія. Вінниця, 2014. 128 с. ISBN 978-966-641-582-3.

12. Predun K., Franchuk U., Obodyanska O. Using fuzzy logic elements to assess the quality of natural gas. The Scientific Heritage. Budapest, Hungary, 2021. № 1 (73). P. 45–52.

13. Ободянська О. І. Принципи забезпечення енергоефективності газотранспортної системи. Енергоефективність в галузях економіки України : матеріали Міжнародної науково-технічної конференції (м. Вінниця, 2021). URL: https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2024/paper/view/20591.

14. Слободян Н. М., Панкевич О. Д., Ободянська О. І. Організація та технологія проєктування систем теплогазопостачання та вентиляції : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2016. 110 с.

Ободянська Ольга Ігорівна **–** кандидат технічних наук, доцент кафедри інженерних систем у будівництві Вінницького національного технічного університету, ORCID: 0000-0003-4464-3537, email: olha.obodyanska@i.ua.

Майстер Оксана Дмитрівна **–** здобувачка групи ТГ-25мз факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії Вінницького національного технічного університету, e-mail: master123@gmail.com.

Obodyanska Olha **–** PhD, associate professor of department of engineering systems in construction Vinnytsia National Technical University, ORCID: 0000-0003-4464-3537, email: olha.obodyanska@i.ua.

Master Oksana – student group TG-25 of the Faculty of Civil and Environmental Engineering, Vinnytsa National Technical University, e-mail: master123@gmail.com.