

УДК 662.9  
DOI [https://doi.org/10.15589/znp2024.2\(495\).7](https://doi.org/10.15589/znp2024.2(495).7)

## STUDY OF THE ENERGY EFFICIENCY OF AN OLD APARTMENT BUILDING WITH PARTIALLY CARRIED OUT THERMAL MODERNIZATION

### ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БАГАТОКВАРТИРНОГО БУДИНКУ СТАРОЇ ЗАБУДОВИ З ЧАСТКОВО ПРОВЕДЕНОЮ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЮ

**Borys V. Dymo**

dymobv@gmail.com

ORCID: 0000-0001-5162-4559.

**Serhii M. Anastasenko**

serhii.anastasenko@nuos.edu.ua

ORCID: 0000-0002-5201-5146

**Volodymyr V. Holenshyn**

holenshyn63@gmail.com

ORCID: 0000-0002-4055-4003

**Б. В. Димо,**

професор

**С. М. Анастасенко,**

канд. техн. наук, доцент

**В. В. Голеншин,**

старший науковий співробітник

*Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv*

*Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв*

**Abstract.** The housing and communal economy of Ukraine is energy-intensive. Thermal modernization of the old housing stock can be a key area of energy saving in the industry and can extend the life cycle of existing housing by 20-30 years along with the introduction of new

*Purpose.* The purpose of the work is the systematization of accounting data and monitoring of the consumption of thermal energy and energy carriers on the example of an apartment building of an old building and the study of its energy efficiency, taking into account the partially carried out thermal modernization. A five-story residential building built in the city of Mykolaiv in 1973 was chosen as an object for research.

*Method.* The work uses methods of analysis and synthesis of thermal energy accounting data and observations, and an experimental study of heat losses from enclosing structures and distribution pipelines of the home heating system is carried out. The efficiency of the elevator unit of the heating system was investigated. The established average annual values of thermal power and specific thermal energy consumption of the heating system, which ranged from 80 to 133 (kW·h)/m<sup>2</sup> over the years, testify to the achieved level of energy saving of the partial thermal modernization of the building. The installation of a heat energy meter in 2009 led to significant cost savings for home owners, which in recent years has been at least 40% of the approved PJSC «Mykolaivoblteploenergo» tariff for houses without heat energy accounting.

*Results.* A thermal imaging survey of the building's enclosing structures and distribution pipelines was conducted and the cities of thermal failures were identified.

*Scientific novelty.* A new methodology for calculating heat losses of heating system pipelines has been developed. According to the method, the amount of heat loss from the distribution pipelines was calculated, which was 12% of the heat capacity of the heating system.

*Practical importance.* The results of the work, in particular, the data of the long-term accounting of thermal energy, the method of calculating heat losses, and the results of a thermal imaging survey, can be used in the thermal modernization of housing, determining the priorities and stages of its implementation.

**Key words:** thermomodernization of housing; thermal imaging survey; heat loss calculations; energy saving.

**Анотація.** Житлово-комунальне господарство України є енерговитратним. Термомодернізація старого житлового фонду може бути ключовим напрямком енергозбереження в галузі та може продовжити на 20–30 років життєвий цикл існуючого житла поряд із введенням нового

*Мета.* Метою роботи є систематизація даних обліку та спостереження споживання теплової енергії та енергоносіїв на прикладі багатоквартирного будинку старої забудови та дослідження його енергоефективності з урахуванням частково проведеної термомодернізації. У якості об'єкту для дослідження обрано п'ятиповерховий житловий будинок, побудований у м. Миколаїв у 1973 році.

*Методика.* В роботі використані методи аналізу та синтезу даних обліку теплової енергії та спостережень та проведено експериментальне дослідження теплових втрат від огорожувальних конструкцій та розподільчих трубопроводів системи опалення будинку. Досліджено ефективність елеваторного вузла системи опалення. Встановлені середнерічні значення теплової потужності та питомих витрат теплової енергії системи опалення, що склали за роками від 80 до 133 (кВт·год)/м<sup>2</sup> і свідчать про досягнутий рівень енергозбереження часткової термомодернізації будинку. Встановлення у 2009 році лічильника теплової енергії призвело до значної економії коштів власників житла, яка складає в останні роки не менш 40% від затвердженого ПАО «Миколаївоблтепло-енерго» тарифу для будинків без обліку теплової енергії.

*Результати.* Проведено тепловізійне обстеження огорожувальних конструкцій та розподільчих трубопроводів будинку та виявлені міста теплових відмов.

*Наукова новизна.* Розроблено нову методику розрахунку теплових втрат трубопроводів системи опалення. За методикою розраховано величину теплових втрат від розподільчих трубопроводів, що склала 12% від теплової потужності системи опалення.

*Практична значимість.* Результати роботи, зокрема дані багаторічного обліку теплової енергії, методика розрахунку теплових втрат та результати тепловізійного обстеження, можуть бути використані при термомодернізації житла, визначенні пріоритетів та етапів її проведення.

**Ключові слова:** термомодернізація житла; тепловізійне обстеження; розрахунки теплових втрат; енергозбереження.

### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

З 2017 року в Україні запроваджено закон «Про енергетичну ефективність будівель», розроблений Держкомефективністю спільно з Мінрегіоном України [1]. Цей закон створює всі необхідні правові умови для ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів у житлових та громадських будівлях. Відповідно до його основних положень встановлюється необхідність проведення термомодернізації житлового фонду України, що включає комплектацію, модернізацію та автоматизацію інженерних систем будівель, термомодернізацію огорожувальних конструкцій та зовнішніх трубопроводів систем опалення.

Житловий фонд України до 2020 року становив щонайменше 1,01 млрд. м<sup>2</sup> [2]. Переважну більшість будівель було побудовано в 70-80 р.р. минулого сторіччя. Термін експлуатації будівель встановлений у діапазоні 50-150 років, причому перші цифри належать до категорії панельних «Хрущовок». Тобто 70-80% житла може бути віднесено до категорії застарілого, з них 75 млн. м<sup>2</sup> житла віднесено до категорії аварійного та непридатного до використання.

Термомодернізація може продовжити життя багатоквартирного будинку на 20-30 років та поряд із зведенням нового житла вважається одним із магістральних шляхів розвитку житлового фонду України [3, 4].

Дослідження становить інтерес до проблеми термомодернізації житлового фонду України, встановлення складових цієї проблеми, нинішнього рівня стану термомодернізації, виділення найбільш суттєвих напрямків термомодернізації із загального переліку, які насамперед можуть призвести до економії паливно-енергетичних ресурсів. Встановити стадії чи етапи проведення термомодернізації.

### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Слід зазначити, що в Україні проблема термомодернізації обговорюється не лише на законодавчому рівні, а й вважається предметом ретельного наукового

та загального вивчення. Дослідженню цієї проблеми присвячено статті у науково-технічних журналах «Енерготехнології та ресурсозбереження» (видавець Інститут газу НАН України), «Енергозбереження, Енергетика, Енергоаудит» (видавець АН Вищої освіти України), науковий збірник Інституту загальної енергетики НАН України «Проблеми загальної енергетики», науково-технічний збірник «Комуніальне господарство міст» (видавець ХНУМГ імені О.М. Бекетова), спеціалізований мультимедійний ресурс «Air Water Therm» (AW Therm) тощо.

Аналіз наукових публікацій, представлених у цих, а також інших, у тому числі зарубіжних публікаціях, показує, що проблема термомодернізації житлового фонду України є комплексною. Вона включає способи підвищення енергетичної ефективності будівель та методи оцінки цієї ефективності [4].

Спочатку зупинимося на методах оцінки ефективності та узагальнимо європейський досвід у цій галузі.

За даними Інституту глобального моніторингу (The Worldwatch Institute) 40% світових запасів мінеральних та енергетичних ресурсів, 17% світових запасів свіжої води, 25% зелених насаджень споживаються в будівлях та спорудах, 55% деревини не використовується як паливо. В 30% будівель та споруд наявне хімічне отруєння повітря [5].

Одним із важливих напрямків досліджень у секторі енергозбереження будівель та споруд є комплексна оцінка їх ефективності по показникам:

- витрата первинної енергії;
- емісія двооксиду вуглецю в атмосферу.

До кінця другого десятиліття Європейський Союз поставив амбітні плани до 2021 року всі споруди, що будуються, повинні були відповідати показникам будівель з нульовим або мінімальним енергоспоживанням і більшою мірою споживана енергія повинна покриватися з відновлених джерел. За даними

Olli Seppänen, генерального секретаря технічного комітету Федерації європейської асоціації з опалення, вентиляції та кондиціонування повітря (REHVA), встановлюються нові сертифікаційні вимоги до енергетичних характеристик будівель. Зокрема, ці вимоги реалізовані в європейському стандарті EN 15603 [6] та інших [7-9]. Це зведення правил встановлює принцип визначення загального споживання енергії та енергетичних характеристик будівель, виражених у показниках витрати первинної енергії та річної емісії вуглецю (CO<sub>2</sub>) за розрахунковий період.

У презентації International Finance Corporation [10] наведено дані про щорічні витрати природного газу у секторі теплової енергетики України. За даними з 18,6 млрд. м<sup>3</sup> газу, спожитого на опалення, лише 7,2 млрд. м<sup>3</sup> вважається раціонально використаним. Проте інші витрати, що становлять 2,4 млрд. м<sup>3</sup> у централізованих системах опалення і 9,0 млрд. м<sup>3</sup> – витрат у будинках, вважається потенціалом економії газу. Причому вважається, що з них 42% складають теплові втрати у стінах і дверних отворах, 16% – у віконних отворах, до 30% – на вентиляцію, 7% і 5% – відповідно втрати на дахах та у підвалах.

За даними Danfoss [8] будівлі відповідають за приблизно 40% споживання енергії та 36% викидів двоокису вуглецю в ЄС. На даний момент близько 35% будівель в ЄС старше 50 років і з них більше 75% будівель є енерговитратними, тоді як лише 0,4-1,2% (залежно від країни) будівель ремонтується щороку. Таким чином, більша реконструкція існуючих будівель може призвести до значної економії енергії. Також стверджується, що ефективність заходів з термомодернізації становить:

- встановлення індивідуального теплового пункту – до 30%;
- балансування стояків та теплоізоляція трубопроводів – до 10%;
- утеплення стін, перекриттів дахів та підвалів до 15÷25%;
- встановлення енергоефективних вікон до 5÷10%;
- модернізація системи вентиляції до 25%.

Причому витрати на здійснення таких заходів не пропорційні економії, яку потрібно досягнути. Найбільші витрати на здійснення таких заходів не пропорційно досягають економії. Найбільші витрати мають місце на утеплення, що становлять до 64%. За розрахунками автора презентації проекту IFC в Україні О. Масленнікова найефективнішими заходами до 40% з найменшими витратами до 12% є робота з встановлення індивідуального теплового пункту та роботи зі стояків та трубопроводів опалення [10].

В роботі І.І. Степаненко [11] також зазначається на ефективність таких заходів. Автор стверджує, що встановлення балансуєчих клапанів та пристроїв регулювання витрати теплоносія дає економію до 25%,

а ось ремонт даху дасть економію до 7% при витратах 250-300 грн/м<sup>2</sup>, утеплення стінових конструкцій – 40-42% економії та модернізація віконних прорізів до 16%.

Проблемам енергозбереження у житлово-комунальному господарстві (енергетичні та економічні аспекти) присвячено роботи відомих українських науковців, зокрема М.В. Гнідого, В.А. Жовтянського, М.М. Кулика, Б.С. Стогнія, Л.І. Третьякова, В.А. Мазуренко [12-15] та інших. У роботах постулюється, що Україна належить до енергодефіцитних країн, задовольняючи свої потреби в енергоресурсах за рахунок власних джерел менш як на 50%. Тому енергозбереження, зокрема й у галузі ЖКГ, є одним із пріоритетів Економічної політики країни.

У роботі авторів С.В. Телятника та С.В. Дворкіна [16] зазначається, що житлово-комунальне господарство споживає не менше 44% енергетичних ресурсів, а це близько 30% загального споживання палива в Україні. Щорічно галузь витрачає електроенергії – близько 10,0 млрд. кВт·год, природного газу – близько 14,0 млрд. м<sup>3</sup>, вугілля – близько 1,5 млн. т. Витрата на одного мешканця в Україні становить 0,7-1,0 т у.п., у Європі цей показник значно нижчий.

Загалом в Україні сформовано національну базу законів та державних стандартів з енергоефективності та енергозбереження [1, 17-20, 22, 23]. Зокрема вище зазначені документи на законодавчому рівні регулюють питання та вимоги, що пред'являються до сучасного житла та новобудов. А от щодо старого житлового фонду, якого до 80% від усього, то роботи з підвищення енергоефективності знаходяться на вкрай незадовільному рівні та не можуть досягти класу енергоефективності С.

Водночас в Україні наразі є чимало прикладів термомодернізації будівель та споруд. Насамперед, необхідно віднести пілотні проекти, зокрема в рамках німецько-українського проекту державно-приватного партнерства, «Менеджер з енергозберігаючої санації будівель» та «Енергоефективне будівництво» [24, 25]. За цими проектами у період з 2009 по 2019 роки у м. Києві, Харківській, Дніпропетровській та Запорізькій областях виконано реконструкцію багатоквартирних житлових будинків та побудовано нове житло на засадах енергоефективних рішень. Як результат проекти, що виконано, споживають на 30–50% менше енергії, ніж встановлено нормами та стандартами в Україні. Але все ж таки слід зазначити, що більша частина проектів термомодернізації будівель здійснюється за рахунок інвестицій приватного сектору економіки України. Ліквідація ЖЕКів, створення ОСББ і компаній, що управляють, може стати потужним поштовхом цього процесу.

## ВІДОКРЕМЛЕННЯ НЕВИРІШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ

Проекти термомодернізації старого житлового фонду України можуть бути вирішені лише на основі

даних фактичного споживання енергії та енергоносіїв у будівлях та спорудах. Враховуючи велику різноманітність типів будинків, матеріалів, з яких вони побудовані, фактичного стану зносу, аварійності та багатьох інших факторів, неможливо без даних енергетичного аудиту оцінити наявні енергетичні втрати та визначити напрямки підвищення енергоефективності.

В даний час у літературі є досить багато пропозицій щодо методик проведення енергетичного аудиту [20]. Проте часто не представлені або відсутні дані про фактичне споживання енергії та енергоресурсів будинків та споруд залежно від їх типу, стану, терміну зведення та інших факторів. Також недостатньо інформації куди насамперед інвестувати домовласникам для отримання швидкого відгуку та ефективності їх вкладень.

Видається неможливою процедура виконання вимог ДСТУ Б А.2.2-12:2015, ДБН В.2.6-31:2016 та ДСТУ Б В.2.2-39:2016 [18-20] при проведенні енергетичного аудиту десятків тисяч багатоквартирних будинків старого житлового фонду за пропонованими методиками, як за витратами часу, так і за фінансовими можливостями.

Виникає необхідність розробки експрес-методик енергетичного аудиту для швидкого, але водночас точного отримання даних фактичного споживання енергії та енергоресурсів за типами будівель та споруд з урахуванням їхнього технічного стану. Така інформація може бути отримана за даними фактичного споживання енергії та енергоресурсів на основі обліку та спостережень, проведених з ініціативи ОСББ або керуючих компаній та переданих для узгодження до спеціалізованих підприємств.

### МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Систематизувати дані багаторічного обліку та спостережень споживання енергії та енергоносіїв на прикладі багатоквартирного житлового будинку старої забудови.

Запропонувати методики, що ґрунтуються на проведенні вимірювань параметрів та розрахунків, що дозволяють виконати аудит технічних систем будинку у прискореному режимі.

За допомогою запропонованих методик оцінити ефективність проведення різноманітних заходів з метою підвищення енергетичної ефективності будівель та економії ресурсів.

### МЕТОДИ, ОБ'ЄКТ ТА ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ

Як об'єкт дослідження обрано багатоквартирний житловий будинок, розташований у м. Миколаєві за адресою вул. Генерала Карпенка, 38, фото будинку представлено на рис 1.

Загальні відомості про будинок:

- рік введення в експлуатацію – 1973;
- матеріал – фундамент – залізобетон, стіни – силікатна цегла;

- кількість поверхів – 5;
- кількість під'їздів – 2;
- кількість квартир – 20;
- кількість нежитлових приміщень – 0;
- загальна житлова площа будинку – 1514,6 м<sup>2</sup>;
- площа підвалів – 480 м<sup>2</sup>;
- площа даху – 440 м<sup>2</sup>;
- площа сходових отворів – 112 м<sup>2</sup>;
- площа покриття даху – 520 м<sup>2</sup>;
- система опалення – централізована, котельня ПАО;
- «Миколаївоблтеплоенерго», вул. Спортивна. 1;
- наявність приладів обліку теплової енергії – «Суперком -01»;
- гаряче водопостачання – газові водонагрівачі.



Рис. 1. Загальний вигляд будинку

Предметом дослідження є отримання даних фактичного споживання енергії будинком, розробка заходів підвищення енергоефективності будинку загалом та оцінки ефективності вже проведених у будинку заходів.

### ОСНОВНИЙ МАТЕРІАЛ

Виконаємо оцінку споживання енергії та енергоносіїв по будинку, що обстежується. Для цього використовуємо дані систематичного обліку теплової енергії за період з початку встановлення теплового лічильника у жовтні 2009 року до квітня 2021 року. Споживання газу, електричної енергії (крім на загальні потреби) та холодної води не обліковується. Такі дані можуть бути отримані тільки з кожної квартири, що може ускладнити енергетичне обстеження будинку.

В таблиці 1 наведені дані щодо річного споживання теплової енергії на опалення дому. Аналіз даних показує, що починаючи з 2009 по 2012 роки мало місце підвищення споживання теплової енергії, потім досить суттєве зниження впродовж до опалювального

сезону 2020/2021 року. Це зниження відбувалось як за рахунок зменшення тривалості опалювального сезону у середньому десь на 12-13 діб, так і за рахунок нижчих параметрів теплоносія, зокрема температури води та її витрати. Виключення складав останній опалювальний сезон 2020/2021 року. Він був самим коротким 156 діб, але з досить великим показником питомих витрат теплової енергії на рівні 100 (кВт·год)/м<sup>2</sup>.

В цілому, слід відзначити досить невеликі значення середньої теплової потужності та інших осереднених за опалювальний сезон показників. Так середня теплова потужність системи опалення для 18 квартир дому (ще дві мають індивідуальні системи опалення) змінювалась у діапазоні від 28,25 до 41,15 кВт. Для середнього показника питомої теплової енергії це діапазон від 21,9 Вт/м<sup>2</sup> до 32 Вт/м<sup>2</sup>. До речі, ці показники досить невеликі в порівнянні з даними будівельних норм, що закладаються по сучасному проектуванню будівель та споруд. Це може бути пов'язано як з досить ефективним термічним опором зовнішніх стін будівлі, що виконані з двох шарів силікатної цегли, так і з вже проведеними заходами з термомодернізації дома, зокрема частковою ізоляцією зовнішніх стін та встановленні сучасних склопакетів.

Але все ж в квартирах, що знаходяться на 2-му та 4-му поверхах, більш комфортні умови, ніж на 1-му та

5-му поверхах. Середня добова температура в квартирах будинку під час опалювального сезону не була нижчою за 18°C. Незважаючи на тенденції зниження обсягу постачання теплової енергії за рахунок заходів термомодернізації будівлі комфортні умови зберегались.

Представляє інтерес оцінка фактичних витрат на опалення. В цілому є наявна тенденція постійного збільшення цих витрат починаючи з 2010 року. Це збільшення складає не менш ніж у 5 разів. Але з урахуванням зниження курсу гривні до долара реальні витрати мешканців квартир дому збільшились десь на 30% за рахунок підвищення тарифу на теплову енергію, що постачається ПАО «Миколаївоблтеплоенерго».

Що до економії коштів власників квартир за рахунок встановлення теплового лічильника, то тут спостерігається чітка тенденція підвищення ефективності в порівнянні з домами де облік теплової енергії відсутній. Останні роки фактично мешканці будинку оплачують теплову енергію за тарифом на рівні 55% від тарифу 39,9 грн/м<sup>2</sup>, встановленого в ПАО «Миколаївоблтеплоенерго» в останні два опалювальні сезони для будівель без обліку теплової енергії.

Якщо порівняти показники споживання теплової енергії будинку, що обстежувався, з домами більшої поверховості, то в середньому ефективність знижується на 15%. Але має місце значно більша до 50% ефективність в порівнянні з малоповерховими

**Таблиця 1.** Дані споживання теплової енергії на опалення будинку

№	Опалювальний сезон	2009 2010	2010 2011	2011 2012	2012 2013	2013 2014	2014 2015	2015 2016	2016 2017	2017 2018	2018 2019	2019 2020	2020 2021
1	Річне споживання теплової енергії, Гкал	124,08	126,542	147,656	136,091	124,491	105,721	99,339	94,355	94,61	105,212	88,673	112,658
2	Тривалість, діб	162	173	174	172	178	171	170	162	161	148	162	156
3	Середня температура теплоносія, °C						50,1	50,1	50,2	48,8	53,0	48,5	51,8
4	Середня теплова потужність, кВт	37,14	35,47	41,15	38,37	33,92	29,92	28,34	28,25	28,5	34,95	26,54	35,02
5	Середнє питоме теплове навантаження, Вт/м <sup>2</sup>	28,8	27,5	32,0	29,8	26,3	23,2	22,0	21,9	22,11	27,1	20,6	27,1
6	Питомі витрати теплової енергії на опалення, кВт·год/м <sup>2</sup>	112,1	114,4	133,4	123,0	112,5	95,4	90	85,3	85,5	94,8	79,9	101,5
7	Фактичні витрати на опалення, тис. грн	30,451	32,390	39,860	36,738	33,607	39,750	64,105	117,557	120,615	134,132	131,458	167,015
8	Економія за рахунок обліку теплової енергії, %	26,5	15,8	8,1	7,1	20,7	45,0	54,1	48,3	36,7	47,5	51,0	43,4

будинками старого типу, в яких фактичне споживання може перевищувати показник тарифу для будинків без обліку теплової енергії. Саме для таких будинків, що не обладнані підвалами, з прокладеними трубопроводами опалення на горищах та з великими під'їздами гостро стоїть задача їх термомодернізації.

За результатами обліку теплової енергії розраховані питомі витрати теплової енергії на опалення дому, що складають від 80 до 133 кВт·год/м<sup>2</sup>. Але цей показник не враховує додаткові витрати мешканців на холодне та гаряче водопостачання (квартири обладнані газовими водопідігрівачами), затрати електроенергії на освітлення, приготування їжі та кондиціонування. Тому більш повну інформацію можливо отримати тільки за результатами обліку витрат по кожній квартирі на газо- та електропостачання. Але на жаль не всі мешканці дому усвідомлюють свою відповідальність за політику економії ресурсів для житлового комплексу і не надають затребувану інформацію про свої витрати на додаткові джерела енергії.

Згідно з аналізу однією з вагомих складових втрат енергії є тепловтрати через огорожувальні конструкції. З метою визначення досяжного рівня цієї складової втрат енергії проведено розрахунок теплової ефективності встановлення ізоляції на зовнішніх стінах дому. Розрахунок виконано за рекомендаціями ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [18].

Несуча стіна дому виконана з силікатної цегли товщиною 500 мм. У якості ізоляції вибрана конструкція на основі базальтової вати типу «ВауГут Фасад» з коефіцієнтом теплопровідності  $\lambda = 0,041$  Вт/(м·К). Розрахунок

проведено для двох товщин шару ізоляції 100 та 50 мм. Деякі результати розрахунку наведені в табл. 2.

Аналіз показує високу ефективність ізолювання зовнішніх стін для зниження теплових втрат дому. Так при розрахунковій температурі зовнішнього повітря -19°C мають місце теплові втрати від неізольованих стін 44,8 Вт/м<sup>2</sup>. Для стін з ізоляцією цей показник знижується до 11,8 Вт/м<sup>2</sup> та 18,7 Вт/м<sup>2</sup> для товщини 100 мм та 50 мм відповідно. При зовнішній температурі повітря +2°C також має місце значний ефект енергозбереження. Питомі теплові втрати з поверхні стін зменшуються до 5,5 Вт/м<sup>2</sup> та 8,6 Вт/м<sup>2</sup> в порівнянні з 20,7 Вт/м<sup>2</sup> для неізольованих стін.

Встановлення ізоляції на зовнішніх стінах підвищує середню температуру несучої стінки, яка при температурі зовнішнього повітря -19°C залишається вище за 0°C. Це важливо для запобігання руйнування як зовнішнього захисного шару штукатурки, так і цеглової стіни при обмерзанні. Якщо врахувати, що загальна площа зовнішніх стін становить 1170 м<sup>2</sup>, то за рахунок встановлення зовнішньої ізоляції можна зменшити потужність системи опалення на (12-15) кВт в залежності від товщини ізоляції, що застосовується. Це призведе до зменшення витрат на опалення приблизно на 40%. Наразі до 40% поверхні зовнішніх стін вже ізольовано. Переважно була використана ізоляція з пінополістиролу типу ПСБ-С-15, або ПСБ-С-25 товщиною 50 мм. Одна квартира ізольована листами товщиною 100 мм. Тобто є потужний потенціал економії витрат на опалення за рахунок зниження теплових втрат з огорожувальних конструкцій. Він складає до

**Таблиця 2.** Розрахунок теплової ефективності ізолювання зовнішніх стін будинку

№	Показник	Розмірність	Товщина плити, мм	
			100	50
1	Товщина несучої стіни (силікатна цегла)	м	0,5	
2	Коефіцієнт теплопровідності силікатної цегли	Вт/(м·К)	0,73	
3	Товщина гіпсової штукатурки	м	0,01	
4	Товщина клесного шару і зовнішньої штукатурки ізоляції	м	0,005	
5	Коефіцієнт теплопровідності штукатурки	Вт/(м·К)	0,7	
6	Розрахункова внутрішня температура	°C	20	
7	Розрахункова зовнішня температура	°C	-19 (+2)	
8	Коефіцієнт зовнішньої тепловіддачі	Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	23	
9	Коефіцієнт внутрішньої тепловіддачі	Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	8,7	
10	Питомі теплові втрати неізольованої стіни	Вт/м <sup>2</sup>	44,8 (20,7)	
11	Питомі теплові втрати ізольованої стіни	Вт/м <sup>2</sup>	11,8 (5,5)	18,7 (8,6)
12	Температура внутрішньої поверхні ізоляції	°C	10,4	4,8
13	Виконання умови по нульовій точці в ізоляції		так	так
14	Зниження питомих теплових втрат ізольованих стін	Вт/м <sup>2</sup>	33 (15,2)	26,1 (12,1)
15	Тривалість опалювального сезону в м. Миколаєві	днів	161	
16	Питома вартість теплової енергії (на грудень 2018 р.)	грн/Гкал	1482,5	
17	Питома економія теплової енергії за опалювальний сезон	Гкал м <sup>2</sup>	0,128	0,101
18	Питомий економічний ефект за опалювальний сезон	м <sup>2</sup>	163,0	129,0
19	Теж саме, але при розрахунковій середній температурі повітря $\bar{t} = 2^{\circ}\text{C}$ за опалювальний сезон, м. Миколаїв	м <sup>2</sup>	75,2	59,8

25% що призведе до зменшення теплової потужності, системи опалення на 7,2-9 кВт для ізоляції товщиною 50 та 100 мм.

Для оцінки ефективності вже ізованих ділянок зовнішніх стін будинку, виявлення теплових відмов внаслідок дефектів та руйнування ізоляції, зниження її теплотехнічної якості фільтрації повітря проведено тепловізійне обстеження будинку. При обстеженні використовувались вимірювальні прилади Центру прикладних досліджень в енергетиці Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова.

Для обстеження тепловізором було застосовано тепловізор «ULIRvision Ti384». Обробка отриманих термограм проводилась у комп'ютерній програмі «IRsee», що розроблена виробником тепловізора. Технічні характеристики тепловізора представлені в таблиці 3.

Для безконтактного вимірювання температур використовувався інфрачервоний пірометр «Reinger MX», технічні характеристики якого наведені у таблиці 4.

При обстеженні також використовувалися далекомір лазерний «Bosh GLM 250 VF» для вимірювання лінійних розмірів, термометр контактний ТК-5, термометри лабораторні та інші прилади.

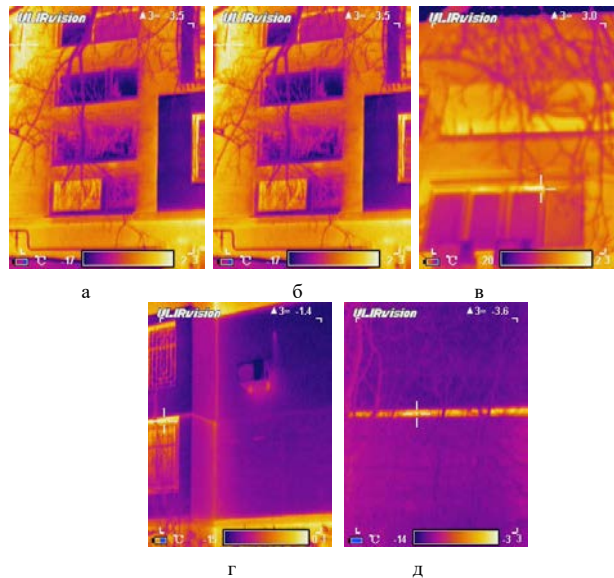
Всі необхідні вимірювання та процедури виконувалися за рекомендаціями Національного Стандарту України ДСТУ-Б EN 13187:2011 «Теплова ефективність будинків. Якісне виявлення теплових відмов в огорожувальних конструкціях. Інфрачервоний метод» [23].

На рис. 2 представлені термограми окремих ділянок огорожувальних конструкцій будинку. Їх аналіз вказує на суттєве зниження температури поверхні ізованих стін в порівнянні з неізованими. Так представлена на рис. 2, а термограма демонструє фрагмент стінки між першим та третім поверхами першого під'їзду. Перепад температур ізованих та неізованих ділянок складає понад 10°C. На розміщеному зліва нижньому вікні під'їзду є світлий фрагмент. У тому місці відсутнє одне скло, що і є причиною інтенсивного витоку тепла.

**Таблиця 3.** Технічні характеристики тепловізора «ULIRvision Ti384»

Параметр	Значення
Діапазон температур	Від -20°C до + 350°C
Точність	±2% або ±2°C (використовується більше значення)
Кут зору	18°×14°
Просторова роздільна здатність	1,0 мрад
Теплова чутливість	0,005°C або 30°C (65 мК)
Інфрачервоний спектральний діапазон	Від 8 мкм до 14 мкм
Тип датчика	Матриця 384×286 в фокальній площині

На рис. 2, б зліва зверху права частина лоджії 4-го поверху, яка була приєднана до кімнати при перебудові. Зовні відсутня ізоляція, а всередині недостатньо утеплена тонка в пів цеглини стінка. Світла частина термограми цієї ділянки також вказує, що таке переобладнання з демонтажем частини несучої стінки під вікном призвело до додаткових теплових втрат. Цю ж лоджію видно на рис. 1, в, а над нею відкрита лоджія 5-го поверху без скління, що також є зоною витоку теплової енергії.



**Рис. 2.** Термограми ділянок огорожувальних конструкцій будинку

Термограма ділянки торцевої стіни будинку 2-го та 3-го поверхів, яка стикується з лоджіями представлена на рис. 2, г. Ізоляція стіни другого поверху виконана з листів пінопласту ПСБ-С-25 товщиною 50 мм, а верхній 3-й поверх з листів товщиною 100 мм. Різниця середніх температур зовнішньої поверхні складає 4°C, що корегується з розрахунковими даними. На третьому поверсі у місці встановленого зовнішнього блоку кондиціонера є локальні витоки теплоти, зокрема, з алюмінієвих кронштейнів кріплення (дві світлі вертикальні смуги та у місці прокладення кабельного каналу). А на рис. 2, д спостерігаємо світлий на термограмі неізований стик між двома стінками 2-го та 3-го поверхів, розділених між собою неізованим конструктивним виступом несучої стінки товщиною половина цегли.

Тепловізійне обстеження огорожувальних конструкцій виявило наявність теплових відмов на стінах зі старою ізоляцією внаслідок її відкріплення від несучої стіни, появи зазору між шаром ізоляції та стіною та часткового руйнування захисного шару. Також встановлено малий термічний опір дерев'яних вікон, якими обладнані під'їзди будинку, в порівнянні з сучасними металопластиковими.

**Таблиця 4.** Технічні характеристики інфрачервоного пірометра «Reinger MX»

Параметр	Значення
Діапазон вимірювання температури	Від -30°C до +900°C
Похибка вимірювання температури	±1 ...±3°C
Коефіцієнт випромінювання	Регульований з кроком 0,01
Оптична роздільна здатність	60:1
Мінімальний розмір вимірювальної шкали	19 мм

Значні витоки теплової енергії фіксуються на ділянках стін переобладнаних квартир. Як правило, такі переобладнання відбуваються без проєктів та необхідних дозволів і супроводжуються перенесенням опалювальних приладів на тонкі зовнішні стіни лоджій.

За результатами тепловізного обстеження будинку були надані рекомендації на проведення комплексних заходів із ізолювання огорожувальних конструкцій.

До втрат теплової енергії з огорожувальних конструкцій будинків входить також складова втрат крізь вікна та дверні прорізи. За оцінками [10] до 10% теплових втрат з будівель йде з вікон та дверей. Ще 6% додається на фільтрацію повітря через прорізи. При енергетичному обстеженні будинку увага була приділена на типи та стан встановлених вікон. Загальна площа вікон будинку складає 381 м<sup>2</sup>, що включає 336 м<sup>2</sup> вікон 20-ти квартир та 45 м<sup>2</sup> вікон двох під'їздів. Майже всі вікна будинку сучасного типу та були встановлені у різні часи за власною ініціативою власників житла. Як правило, це вікна двох- та трьохкамерні поворотні-відкидного типу. Вони мають однокамерні склопакети типу М4-16-М4 з коефіцієнтом термічного опору 0,28-0,32 (м<sup>2</sup>·К)/Вт. Більшість балконів та лоджій мають скління із ПВХ профілю. У трьох квартирах використовуються склопакети з енергозберігаючим покриттям. Встановлено, що ефективність таких однокамерних склопакетів з покриттям невелика.

Дерев'яні конструкції вікон встановлені в обох під'їздах та частково у двох квартирах. Розраховано, що заміна вікон під'їздів на сучасні металопластикові конструкції з використанням профільних систем типу Rehau, KBE або Aluplast та повне скління всіх лоджій та балконів будинку може зменшити складову втрат теплоти від вікон та входних дверей приблизно на 15%. Для вирішення цього питання у першу чергу необхідно додати будинок до міської програми реновації та відбудови вікон. Наразі в зв'язку з повним руйнуванням вікон двох під'їздів, що зазнав будинок під час ракетного обстрілу сусіднього дому, це питання дуже актуальне. В наступний час вікна під'їзду зашити плитами OSB. Також необхідно відновити

систему природної вентиляції. Під час провітрювання відкриванням рухомих стулок вікон зафіксовано значні витоки теплоти.

Ще одним із важливих етапів термомодернізації будинків є модернізація системи опалення. Вона включає в себе встановлення індивідуального теплового пункту з погодозалежною автоматикою та насосним регулюванням, що дозволяє кожному будинку отримувати тільки необхідну кількість енергії в залежності від зовнішніх погодних умов та інших фактів [26, 27].

Елементами цієї модернізації є також балансування системи опалення будинку та установка радіаторних терморегуляторів згідно до вимог ДСТУ Б EN 13187:2011 [23].

В період до 2022 року в м. Миколаїв активно запроваджувались роботи з встановлення в новобудовах та переобладнання існуючих будинків індивідуальними тепловими пунктами. Такі роботи проводились Департаментом енергетики, енергозбереження та запровадження інноваційних технологій Миколаївської міської ради в рамках програми «Енергодім» та Міської програми енергозбереження «Теплий дім», а також за проєктом «Підвищення енергоефективності в секторі централізованого теплопостачання України» ОКП «Миколаївоблтеплоенерго». Наразі, будинок, що обстежувався, до таких програм не додано.

В наступний час в будинку, який приєднаний до централізованої системи теплопостачання міста, встановлено елеваторний вузол нерегульованого типу. Він призначений для підмішування теплоносія із зворотного трубопроводу з високотемпературною водою централізованої мережі. Таким чином здійснюється пониження температури води, що подається до радіаторів та збільшується витрата теплоносія. Також елеватор, як струменевий насос, створює підвищений надлишок тиску, що витрачається на подолання гідравлічного опору системи теплопостачання.

При обстеженні системи теплопостачання будинку були встановлені факти невідповідної роботи елеватора. По-перше, невеликий надлишок тиску, що створює елеватор, не більше ніж 16 кПа. По-друге, стабільна робота такого пристрою можлива лише за умов постійного гідравлічного опору внутрішньобудинкової мережі системи опалення. В окремих квартирах будинку кожен рік відбуваються ремонтні роботи, які включають заміну радіаторів опалення та місця їх розташування. Як правило, встановлюються радіатори зі збільшеною поверхнею тепловіддачі, замінюються приєднувальні трубопроводи та радіаторні терморегулятори. Це призводить до збільшення гідравлічного опору системи та його зміни за опалювальними сезонами. За останні 15 років теплова мережа будинку централізовано не очищувалась, що також призводить до збільшення її гідравлічного опору. Управляюча компанія «Бриз-Про» не виконує

роботи з балансування теплоносія по стояках опалення під час запуску системи опалення на початку сезону. Більш того, мешканці будинку, що мають доступ в підвал, самостійно регулюють клапани на стояках, а також намагаються це робити і на мережі теплового лічильника. Такі дії призводять до зниження працездатності елеватора, що є постійною тенденцією в зв'язку зі зменшенням середньої температури теплоносія, що централізовано подається до будинку. За даними середньої температури теплоносія на вході в будинкову мережу (до теплового лічильника), що наведені в таблиці 1, починаючи з опалювального сезону 2017/18 року, цей показник не перевищував 53°C, при цьому максимальна температура теплоносія у термін обстеження була не більше 63°C. У той же час температура теплоносія, що відходив від районної котельні, була 73°C.

Розрахунки, проведені за результатами вимірів температури теплоносія на подачі, в зворотному трубопроводі та після підмішування в елеваторному вузлі показали, що при значеннях коефіцієнта підмішування в діапазоні 0,62-0,97 ефективність використання елеватора є досить низькою. Тому за результатами обстеження надана рекомендація щодо встановлення індивідуального теплового пункту для системи тепlopостачання будинку.

Згідно з вимогами закону України «Про енергетичну ефективність будівель» [1] передбачається складання звітів про результати обстеження систем опалення будинків. Такі звіти повинні містити дані оцінки теплових втрат від розподільчих трубопроводів системи опалення, прокладених у підвальних та горіщних приміщеннях будинку.

Незалежно від типу проєкту будинків, їх поверховості та конструктивних особливостей, елементи системи опалення є дуже розгалуженими. Вони виконуються із труб різного діаметру та довжини і містять запірну арматуру.

Так у будинку, що обстежується, в системі опалення, яка розташована у підвальному приміщенні, використані 10 типорозмірів труб зовнішнім діаметром від 22 до 78 мм. Їх загальна довжина у підвальному приміщенні складає 270 м.

Взагалі при проведенні енергетичного аудиту розрахунок тепловтрат в системах тепlopостачання будинків, які експлуатуються, є складною задачею. Великий асортимент труб і матеріалу ізоляції, довільна орієнтація труб у просторі, наявність запірної арматури, якість ізолювання труб, обмеженість доступу до окремих ділянок теплової мережі все це ускладнює обстеження.

Враховуючи великий обсяг робіт, який передбачається виконати під час паспортизації житлових будинків та громадських споруд, здається актуальною розробка спрощеної методики оцінки теплових втрат в системах тепlopостачання. Основні складові такої

методики наведені в [21]. В методиці використовуються розраховані авторами статті емпіричні залежності коефіцієнтів тепловіддачі труб та лінійної густини теплового потоку від температури поверхні та зовнішнього діаметра труб. Такі залежності були отримані авторами узагальненням розрахункових та дослідних даних тепловіддачі неізолюваних та ізолюваних труб різних діаметрів та представлені в табл. 5.

**Таблиця 5.** Залежності для розрахунку параметрів теплових втрат трубопроводів

Коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	$\alpha = 1,27\Delta t^{0,25}d^{0,25}$
Лінійна густина теплового потоку, Вт/м	$q_l = 3,99\Delta t^{1,25}d^{-0,75}$

Розрахунки виконані при умові ламінарного режиму тепловіддачі для горизонтально розміщених труб без врахування тепловіддачі випромінюванням. Перепад температур  $\Delta t$  розраховувався по різниці температур поверхні стінки (для неізолюваних труб і оточуючого нерухомого повітря в підвальному приміщенні, прийнятого 15°C.

Запропонована методика містить два основні блоки.

1. Блок обстежень та вимірів.

1.1. Виконується обстеження трубопроводів системи тепlopостачання, вимірюються розміри ділянок трубопроводів, визначаються матеріали труб та ізоляції, типи та кількість запірної арматури, наявність ізоляції тощо.

1.2. Вимірюється температура зовнішніх поверхонь трубопроводів. Виміри виконуються на початку, в середині та наприкінці кожної ділянки труб вибраного зовнішнього діаметру. При довжині ділянки постійного діаметру більше ніж 3 м рекомендовано виміри проводити через 1 м довжини. Температурні вимірювання виконані за допомогою інфрачервоного пірметра Reinger MX, технічні дані якого наведені в табл. 4.

Для підвищення точності вимірювань температури поверхонь ізоляції з зовнішнім світловідбивними покриттями на їх поверхню наклеювались спеціальні маркери з коефіцієнтом випромінювання близьким до 0,95. На кожній ділянці трубопроводів результати вимірювань усереднювались.

2. Розрахунковий блок.

2.1. За виміряними значеннями середніх температур поверхонь трубопроводів розраховується величина теплових втрат ділянок. Розрахунки виконуються для трубопроводів подачі теплоносія, так і зворотного.

Обчислюється сумарна величина теплових втрат.

2.2. Розраховується середня теплова потужність за опалювальний сезон за показаннями будинкового лічильника теплової енергії.

2.3. На основі порівняння фактичних та розрахункових теплових втрат робиться висновок доцільності проведення робіт з модернізації теплової ізоляції та складаються інші рекомендації по підвищенню

ефективності системи тепlopостачання. Похибка методики визначення теплових втрат не більше 3%.

### ОБГОВОРЕННЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

За результатами обстеження системи тепlopостачання будинку узимку 2021 року було встановлено, що теплові втрати від розподільних трубопроводів склали 5,45 кВт, що становило десь 12% від теплової потужності системи тепlopостачання за період вимірів. Розрахункова величина теплових втрат від трубопроводів для випадку повної відсутності ізоляції трубопроводів складала 11,7 кВт. Тобто ефективність ізоляції була на рівні 55%, що вказує на доцільність подальшої модернізації теплової мережі підвального приміщення, щоб знизити теплові втрати до рівня (5-10)% від теплової потужності системи.

Проведене тепловізійне обстеження виявило ділянки трубопроводів з арматурою з підвищеним рівнем теплових втрат. Зокрема, на термограмах ділянок теплової мережі до теплового лічильника, рис. 3, а, та після нього, рис. 3, б, спостерігаємо нагріти до температури 40-55°C поверхні труб та арматури, що тільки на 20-5°C нижче за температуру теплоносія. Таке ж має місце і на інших ділянках мережі, наприклад на запірному клапані, що представлено на рис. 3, в.

Обстеженнями встановлені місця, де ізоляція зношена або відсутня, рис. 3, г.

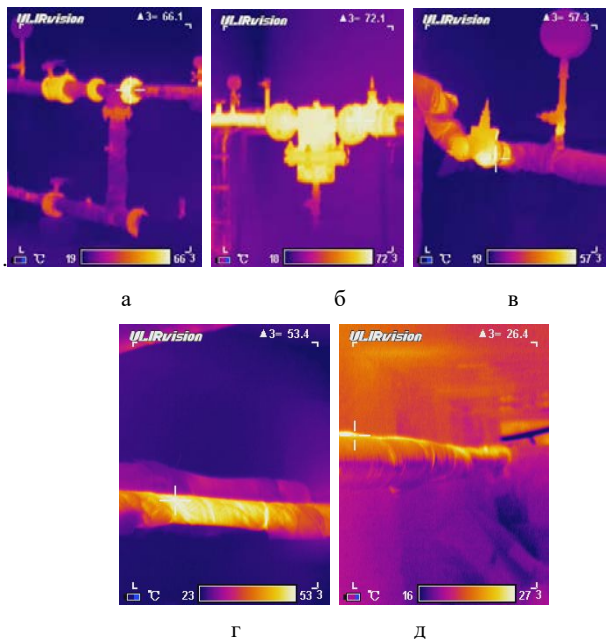


Рис. 3. Термограми ділянок трубопроводів системи опалення

Температура поверхні ізолюваної стінки тут складає більше 40°C. На задньому плані цієї термограми видно фрагмент ізолюваного зворотного трубопроводу. Але температура поверхні ізоляції тут не менше 30°C. Також висока температура була виявлена і на інших ділянках, як на рис. 3, д. На цій термограмі також спостерігаємо нагріту стіну та стелю підвалу внаслідок прогріву повітря від неякісної ізоляції трубопроводу.

Результати розрахунків та тепловізійного обстеження вказують на доцільність подальшої модернізації теплової мережі в підвальному приміщенні, щоб знизити теплові втрати до рівня (5÷10)% від теплової потужності системи тепlopостачання.

### ВИСНОВКИ

1. Проведено енергетичне обстеження п'ятиповерхового багатоквартирного будинку з метою його термомодернізації.

2. Узагальнені дані обліку споживання теплової енергії будинку за період експлуатації з 2009 по 2021 рік. Встановлено питомі показники споживання теплової енергії, що проводили за період дослідження склали в діапазоні 80-133 кВт·год/м<sup>2</sup>.

3. Виконано розрахунки з втрат теплової енергії огорожувальними конструкціями будинку. Розраховано, що при теперішньому ступені ізолювання зовнішніх стін 40% повне ізолювання може зменшити теплове навантаження системи опалення на (7,2-9) кВт.

4. Проведено тепловізійне обстеження огорожувальних конструкцій (зовнішніх стін та вікон) будинку, за результатами якого виявлені місця інтенсивних втрат теплової енергії та надані рекомендації щодо їх усунення.

5. Встановлено рівень втрат теплової енергії від розподільних трубопроводів системи опалення будинку, що розташовані в підвальному приміщенні. Втрати складають 12% від теплової потужності системи опалення, що більше (5÷10)% від вимог стандартів [18].

6. Розроблено методику оцінки фактичних тепловтрат спрощеного типу, яка апробована та може бути рекомендована для проведення енергетичного обстеження багатоквартирних будинків різного типу. Виконані за методикою розрахунки показали значний потенціал для проведення термомодернізації будинку, що обстежувався.

### REFERENCES

- [1] Zakon Ukrainy Pro enerhetychnu efektyvnist budivel: pryiniaty 22 che. 2017 roku № 2118-VIII [Law of Ukraine on energy efficiency of buildings from June 22 2017, № 2118-VIII]. (2017, July 22). *Holos Ukrainy – Voice of Ukraine*, 134, pp. 10–12 [in Ukrainian].
- [2] Zhitlovyi fond Ukrainy. Derzhavna statistichna sluzhba Ukrainy. Data ostannoyi modifikatsii 06.07.2020 [Housing fund of Ukraine. State Statistical Service of Ukraine. Date of the last modification 07/06/2020]. Retrieved from: <https://www.google.com/search?client=firefox-b-1-d&q=> [in Ukrainian].
- [3] Matvejchuk, N. M. (2016). Priorytety realizatsii polityky enerhozbezhezhenia v Ukraini [Priorities for the implementation of the energy-saving policy in Ukraine]. *Economics and Management. Juvenic Science*, 1, 97–100 [in Ukrainian].

- [4] Bezzubko, L. V. (2015). Enerhozberezhennia v zhitlovo-kommunalnomu hospodarstve [Energy saving in housing and communal economy]. *Bulletin USUES. Science, Education, Economics. Series Economics, 1(11)*, 43–46 [in Ukrainian].
- [5] Roodman, D.M., & Leussen, N.A. (2008). Building Revolution : How ecology and health concerns are transforming construction. *WorldWatch Paper 124. WorldWatch Institute*. Washington D.C., Published on: February 28. 67 p.
- [6] CEN-EN 15603:2008. Energy performance of building – Overall energy use and definition of energy ratings. ICS Cods 91.140 99. 1. 01. 2008. 86 p.
- [7] Assessing carbon footprints of zero carbon buildings. (2015). Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/281901547\\_Assessing\\_carbon\\_footprints\\_of\\_zero\\_carbon\\_buildings](https://www.researchgate.net/publication/281901547_Assessing_carbon_footprints_of_zero_carbon_buildings).
- [8] New EN ISO 52120. Bacs standart for building efficiency. (2017). Retrieved from <https://www.danfoss.com/en/about-danfoss/articles/dhs/new-en-iso-52120-bacs-standard-for-building-efficiency/>.
- [9] EPBD is a giant leap for the building of Europe. (2018). Retrieved from <https://www.danfoss.com/en/about-danfoss/news/cf/epbd-is-a-giant-leap-for-the-buildings-of-europe/>.
- [10] Proiekt IFC «Enerhoefektyvnist u zhitlovomu sektori Ukrainy». (2017). [IFC project Energy efficiency in the housing sector of Ukraine]. Retrieved from: <https://old.eefund.org.ua/fond-energoefektivnosti-zaproshue-na-vebinari-7> [in Ukrainian].
- [11] Stepanenko, I. I. (2010). Problemy ta perspektivy rozvytku enerhoefektyvnosti v zhitlovomu sektori mist Ukrainy [Problems and prospects of energy efficiency development in the residential sector of Ukrainian cities]. *Efektynna ekonomika – Efficient economy*, 11. Retrieved from [http://nbuv.gov.ua/UJRN/efek\\_2010\\_11\\_20](http://nbuv.gov.ua/UJRN/efek_2010_11_20) [in Ukrainian].
- [12] Hnidy, M.V. (2003) Vykhidni polozhennia Enerhetychnoi stratehii Ukrainy do 2030 r. u sferi enerhovokorystannia, formuvannia enerhobalansiv ta importno-eksportnoi polityky. Enerhetychna stratehiia Ukrainy [Initial provisions of the Energy Strategy of Ukraine until 2030 in the field of energy use, formation of energy balances and import-export policy. Energy strategy of Ukraine]. *Enerhetyka ta elektryfikatsiia – Energy and electrification*, 5, 35–41 [in Ukrainian].
- [13] Malyarenko, V.A. (2006). Konceptualni polozhennia i holovni napryamy enerho-ta resursozberezhennia v zhitlovo-kommunalnomu hospodarstvi [Conceptual provisions and main directions of energy and resource conservation in the housing and communal economy]. Proceedings from MIIM ‘06: *II Vseukrainskoi nauk.-prakt. konf. «Problemy, perspektivy ta normatyvno-pravove zabezpechennia enerho-ta resursozberezhennia v ZhKH» – the Second All-Ukrainian scientific and practical conference. “Problems, prospects and legal support of energy-and resource saving in housing and communal services”*. (pp. 9-14). Alushta: KhNAUE [in Ukrainian].
- [14] Zhovtianskyi, V. A., Kulik, M. M., & Stognii, B. S. (Eds.). (2006). *Stratehiia enerhozberezhennia v Ukraini: Analitichno-dovidkovi materialy. [Energy saving strategy in Ukraine: Analytical reference materials]*. Kyiv : Akadempriodika [in Ukrainian].
- [15] Tretyakova, L. I., & Shandrivska, O. Ye. (2008). Ekonomichni aspekty enerhozberezhennia v Ukraini [Economic aspects of energy saving in Ukraine] *Problemy ekonomii enerhii – Energy-saving problems*. Lviv. [in Ukrainian].
- [16] Telyatnik, S. V., & Dvorkin, S. V. (2010). Doslidzhennya problem enerhozberezhennia u zhitlovo-kommunalnomu hospodarstvi [Study of energy– saving problems in the housing and communal economy]. *Naukovo-tehnichniy zbirnyk «Kommunalne hospodarstvo mist» – Scientific and technical collection “Utility management of cities”*. (pp. 433–438). Kharkiv: KhNAUE. 36 [in Ukrainian].
- [17] Zakon Ukrainy Pro enerhozberezhennia: pryiniaty 1 lyp. 1994 roku № 75/94 [Law of Ukraine on energy-savings from July 1 1994, № 75/94 ]. (1994 , July 1) *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy – Bulletin of Verkhovna Rada of Ukraine*. Kyiv: Parlam. vyd-vo, №30 [in Ukrainian].
- [18] Enerhetychna efektyvnist budivel. Metod rozrahunku enerhospozhivannia pry opalenni, oholodzhenni, ventilyatsii, osvittleni ta haryachomu vodopostachanni [Energy performance of building. Method for calculation of energy use for space heating, cooling, ventilation, lighting and domestical hot water]. (2016). *DSTU B A.2.2-12:2015 from 1st January 2016*. Kyiv: Minrehionbud Ukraine [in Ukrainian].
- [19] Teplova izoliatsiia budivel [Thermal insulation of building]. (2017). *DBN V.2.6-31:2016 from 1st May 2017*. Kyiv: Minrehionbud Ukraine [in Ukrainian].
- [20] Metody ta etapy provedennia enerhetychnoho audytu budivel [Methods and stages of energy audit of buildings]. (2016). *DSTU B V.2.2-39:2016 from 1st January 2017*. Kyiv: Minrehionbud Ukraine [in Ukrainian].
- [21] Dymo, B. V., Epifanov, A. A., Kachanov, S. S. (2017). Opredelenie teplovykh poter raspredelitelnykh truboprovodov systemy otopleniia mnogokvartynnogo zhilovo doma [Determination of heat losses of the distribution pipes of the heating system of an apartment building]. Proceedings from MIIM ‘17: *Materialy VII mizhnarodnoi naukovo-tehnichnoi konferentsii «Munitsypalna enerhetyka: problemy, rishennia» (21-22 hrudnia 2017) – Materials of the VII international scientific and technical conference «Municipal energy: problems, solutions» (December 21-22, 2017)*. (pp. 33–37 ). Mikolaiv: NUK.
- [22] Inzhenerne obladnania budynkiv i sporud. Zovnishni merezhi ta sporudy. Teplovi merezhi [Engineering equipment of buildings and structures. External networks and structures. Heat networks]. (2009). *DBN V.2.5-39:2008 from 9th December 2008*. Kyiv: Minrehionbud Ukraine [in Ukrainian].
- [23] Teplova efektyvnist budynkiv. Yakisne vyiavlennia teplovykh vidmov v ohorodzhualnykh konstruktsiiah. Infrachervonyi metod [Thermal performance of buildings – Qualitative detection of thermal irregularities in building envelopes – Infrared method]. (2017). *DSTU-B EN 13187:2011 from 1st July 2013*. Kyiv: Minrehionbud Ukraine [in Ukrainian].
- [24] GIZ-Ukraine. (2019). Pilotnyi proiekt Enerhoefektivna zabudova [Pilot project Energy-efficient building]. Retrieved from <https://www.giz.de/en/worldwide/32783.html> [in Ukrainian].
- [25] Proiekt Enerhoefektyvnist u zhitlovomu fondi Ukrainy. (2014). YEVROPEJSKII BANK REKONSTRUKTSII TA ROZVYTKU [Energy efficiency in the housing stock of Ukraine. Project of EUROPEAN BANK RECONSTRUCTION AND DEVELOPMENT]. Retrieved from <https://ucn.org.ua/wp-content/uploads/2014/11/003presentationMinregionbud.pdf> [in Ukrainian].
- [26] Pyrkov ,V. V., & Sokirkin, S. A. (2005). Mnimaya ekonomiiia zatrat na sistemah otopleniia mnohoetazhnykh i vysotnykh zdanii. Chast I [Imaginary cost savings on heating systems of multistory and high-riser apartments. Part I]. *Danfoss INFO – Danfoss INFO*. 2, 88.
- [27] Dejnego, S. (2014). Indyvidualnyi teplovyi punkt [Individual heating point]. *Zhurnal AW Therm – Journal of AW Therm*, 4, 34–41 [in Ukrainian].

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Про енергетичну ефективність будівель : Закон України від 22 червня 2017 р. № 2118-VIII / *Голос України*. 2017. № 134. С. 10–12.
- [2] Житловий фонд України. Державна статистична служба України. URL: <https://www.google.com/search?client=firefox-b-1-d&q=> (дата звернення 06.07.2023).
- [3] Матвейчук, Н. М. (2016). Пріоритети реалізації політики енергозбереження в Україні . *Economics and Menegement. Juvenic Science*. №1. Р. 97–100.
- [4] Беззубко, Л. В. (2015). Енергозбереження в житлово-комунальному господарстві. *Bulletin USUES. Science, Education, Economics. Series Economics*. №1(11). Р. 43–46.
- [5] Roodman, D. M. and Leussen, N.A. (1995). Building Revolution: How ecology and health concerns are transforming construction. *WorldWatch Paper 124. WorldWatch Institute*. Washington D.C., Published on: February 28, 1995. 67 p.
- [6] CEN-EN 15603:2008. Energy performance of building – Overall energy use and definition of energy ratings. ICS Cods 91.140 99. 1. 01. 2008. 86p.
- [7] Assessing carbon footprints of zero carbon buildings. (2015). URL: [https://www.researchgate.net/publication/281901547\\_Assessing\\_carbon\\_footprints\\_of\\_zero\\_carbon\\_buildings](https://www.researchgate.net/publication/281901547_Assessing_carbon_footprints_of_zero_carbon_buildings) (дата звернення 19.09.2023).
- [8] New EN ISO 52120. Bacs standart for building efficiency. (2017). URL: <https://www.danfoss.com/en/about-danfoss/articles/dhs/new-en-iso-52120-bacs-standard-for-building-efficiency/> (дата звернення 31.10.2023).
- [9] EPBD is a giant leap for the building of Europe. URL: <https://www.danfoss.com/en/about-danfoss/news/cf/epbd-is-a-giant-leap-for-the-buildings-of-europe/> (дата звернення 09.07.2023).
- [10] Проєкт IFC «Енергоефективність у житловому секторі України». URL: <https://old.eefund.org.ua/fond-energoefektivnosti-zapros hue-na-vebinari-7> (дата звернення 26.04.2021).
- [11] Степаненко, І. І. (2011). Проблеми та перспективи розвитку енергоефективності в житловому секторі міст України. *Ефективна економіка*. № 11. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/efek\\_2010\\_11\\_20](http://nbuv.gov.ua/UJRN/efek_2010_11_20) (дата звернення 20.12.2020).
- [12] Гнідий, М. В. (2003). Вихідні положення Енергетичної стратегії України до 2030 р. у сфері енерговикористання, формування енергобалансів та імпорто-експортної політики. Енергетична стратегія України. *Енергетика та електрифікація*. №5. С. 35–41.
- [13] Маляренко, В. А. (2006). Концептуальні положення і головні напрями енерго– та ресурсозбереження в житлово-комунальному господарстві. *Проблеми, перспективи та нормативно-правове забезпечення енерго– та ресурсозбереження в ЖКГ* : матеріали II Всеукр. наук.-практ. конф., м. Алушта: ХНАМГ, С. 9–14.
- [14] Стратегія енергозбереження в Україні: Аналітично-довідкові матеріали / за ред. В.А. Жовтянського, М.М. Кулика, Б.С. Стогнія. Київ : Академперіодика, 2006. 580 с.
- [15] Третякова, Л. І., Шандрівська, О. Є. (2008). Економічні аспекти енергозбереження в Україні. Проблеми економії енергії. Львів, 375с.
- [16] Телятник, С. В., Дворкін, С. В. (2010). Дослідження проблем енергозбереження у житлово-комунальному господарстві. *Науково-технічний збірник Харківського Національного університету міського господарства «Комунальне господарство міст»*. Харків, № 36. С. 433–438.
- [17] Про енергозбереження : Закон України від 1 лип. 1994 р. № 75/94-ВР /Верховна Рада України. *Відомості Верховної ради України*. 1994, №30. Ст. 283 (редакція від 16.10.2020).
- [18] ДСТУ Б А.2.2-12:2015. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні. [Чинний від 01.01.2016]. Київ, 2016. 205 с. (Національний стандарт України) (Інформація та документація).
- [19] ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. [Чинний від 01.05.2017]. Київ, 2017. 70 с. (Державні будівельні норми України).
- [20] ДСТУ Б В.2.2-39:2016. Методи та етапи проведення енергетичного аудиту будівель. [Чинний від 01.01.2017]. Київ, 2016. 47 с. (Національний стандарт України) (Інформація та документація).
- [21] Дымо Б.В., Епифанов А.А., Качанов С.С. (2017). Определение тепловых потерь распределительных трубопроводов системы отопления многоквартирного жилого дома. *Муниципальная энергетика: проблемы, решения* : матеріали VII міжнар. наук.-техн. конф., м. Миколаїв, 21-22 грудня 2017 р. Миколаїв : НУК, С. 33–37.
- [22] ДБН В.2.5-39:2008. Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі. [Чинний від 09.12.2008]. Київ, 2009. 56 с. (Державні будівельні норми України).
- [23] ДСТУ Б ЕН 13187:2011. Теплова ефективність будинків. Якісне виявлення теплових відмов в огорожувальних конструкціях. Інфрачервоний метод. [Чинний від 01.07.2013]. Київ, 2017. 33 с. (Національний стандарт України) (Інформація та документація).
- [24] GIZ-Ukraine (2019). Пілотний проєкт «Енергоефективна забудова». URL: <https://www.giz.de/en/worldwide/32783.html> (дата звернення 12.12.2023).
- [25] Проєкт «Енергоефективність у житловому фонді України». Європейський банк реконструкції та розвитку (2014). URL: <https://ucn.org.ua/wp-content/uploads/2014/11/003presentationMinregionbud.pdf> (дата звернення: 13.12.2022).
- [26] Пырков, В.В. Сокиркин. (2005). Мнимая экономия затрат на системах отопления многоэтажных и высотных зданий. Ч. I. Данфосс INFO. № 2. 88 с.
- [27] Дейнеко, С. Індивідуальний тепловий пункт. *Журнал AW Therm*. 2014. №4. С. 34–41.

© Димо Б. В., Анастасенко С. М., Голеншин В. В.  
Дата надходження статті до редакції: 01.04.2024  
Дата затвердження статті до друку: 16.04.2024