

УДК 332.872.4
JEL: H54; O18; R29
DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2022-12-202-213>

ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ОКРЕМИХ ЗАХОДІВ З ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ ТА ПОСЛІДОВНІСТЬ ЇХ ВИКОНАННЯ

©2022 КИЗИМ М. О., КОТЛЯРОВ Є. І.

УДК 332.872.4
JEL: H54; O18; R29

Кизим М. О., Котляров Є. І. Економічна оцінка окремих заходів з термомодернізації житлових будинків та послідовність їх виконання

Метою статті є аналіз окремих заходів з термомодернізації будівель і визначення такої послідовності їх здійснення, яка дозволяє отримати результати в найкоротші терміни з максимально можливим результатом. Фактичний стан житлового фонду українських населених пунктів у довоєнний період не відповідав вимогам ЄС до енергетичної ефективності. Після масових пошкоджень житлових будинків унаслідок російської агресії актуальним завданням стає їх відновлення. У статті пропонується здійснювати відновлення населених пунктів України, що постраждали від збройної російської агресії, шляхом виконання ремонтних робіт з одночасною термомодернізацією житлових будинків. Досліджено зміст понять «традиційна і глибока термомодернізація житлових будівель» і запропоновано зосередитись саме на традиційній модернізації, яка передбачає комплекс робіт із заміни вікон і дверей на енергоефективні, утеплення огорожувальних будівельних конструкцій (фасадів, цоколю, дахових і підвальних перекриттів), термомодернізацію інженерних систем опалення та гарячого теплопостачання (теплоізоляція внутрішньодомових трубопроводів, встановлення індивідуальних теплових пунктів, роботи з балансування систем опалення, встановлення поквартирних терморегуляторів), а також встановлення індивідуальних вентиляційних приладів з можливістю рекуперації тепла. На умовному прикладі розглянуто два варіанти виконання робіт з масової термомодернізації в умовах дефіцитності інвестиційних ресурсів: перший – виконання робіт з термомодернізації окремих будинків «під ключ»; другий – виконання в усіх будинках тільки тих заходів, які мають найменші періоди окупності та реалізація яких дає найбільшу економію енергоресурсів. Розрахунки на умовному прикладі показали, що другий варіант дозволяє зекономити енергоресурсів на 35% більше, ніж у першому варіанті. За результатами дослідження запропонована така послідовність виконання робіт з термомодернізації: першочергові заходи (заміна вікон і дверей), модернізація інженерних систем опалення, встановлення індивідуальних вентиляційних систем, утеплення огорожувальних конструкцій.

Ключові слова: відновлення населених пунктів, термомодернізація будівель, послідовність термомодернізації будівель, ефективність термомодернізації.

Рис.: 7. **Табл.:** 3. **Бібл.:** 20.

Кизим Микола Олександрович – доктор економічних наук, професор, член-кореспондент НАН України, проректор Харківського національного університету міського господарства ім. О. М. Бекетова (вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002, Україна)

E-mail: m.kyzym@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8948-2656>

Researcher ID: <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1859367>

Scopus Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57216130870>

Котляров Євген Іванович – кандидат економічних наук, доцент, завідувач відділу промислової політики та енергетичної безпеки Науково-дослідного центру індустріальних проблем розвитку НАН України (пров. Інженерний, 1а, 2 пов., Харків, 61166, Україна)

E-mail: ekotlarov@i.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6366-6729>

Researcher ID: <https://www.webofscience.com/wos/author/record/V-3947-2017>

UDC 332.872.4
JEL: H54; O18; R29

Kyzym M. O., Kotliarov Ye. I. Individual Measures for Thermal Modernization of Residential Buildings: An Economic Assessment, the Sequence of Implementation

The purpose of the article is to analyze individual measures for the thermal modernization of buildings and determine the sequence of the implementation of such measures, allowing to obtain results in the shortest possible time with the maximum possible result. The actual state of the housing stock of Ukrainian settlements in the pre-war period did not meet the EU requirements for energy efficiency. After massive damage to residential buildings as result of russian aggression, their restoration becomes an urgent task. The article proposes to restore the settlements of Ukraine that suffered from the armed russian aggression by performing repair work with simultaneous thermal modernization of residential buildings. The content of the concepts of «traditional and deep thermal modernization of residential buildings» is examined and it is proposed to focus on traditional modernization, which involves a set of works on replacing windows and doors with energy-efficient ones, insulation of enclosing building structures (facades, basement, roof and basement floors), thermal modernization of engineering heating systems and hot heat supply (thermal insulation of intra-house pipelines, installation of individual heat points, balancing of heating systems, installation of apartment thermostats), as well as installation of individual ventilation devices with the possibility of heat recovery. On a conditional example, two options for performing works on mass thermal modernization in conditions of scarcity of investment resources are considered: the first is the implementation of works on thermal modernization of individual houses «turnkey»; the second is the implementation in all houses of only those measures that have the shortest payback periods and the implementation of which provides the best energy savings. A computing with use of a conditional example showed that the second option allows saving energy resources by 35% more than in the first option. According to the results of the study, the following sequence of thermal modernization works is proposed: priority measures (replacement of windows and doors), modernization of engineering heating systems, installation of individual ventilation systems, insulation of enclosing structures.

Keywords: restoration of settlements, thermal modernization of buildings, sequence of thermal modernization of buildings, efficiency of thermal modernization.

Fig.: 7. **Tabl.:** 3. **Bibl.:** 20.

Kyzym Mykola O. – D. Sc. (Economics), Professor, Corresponding Member of NAS of Ukraine, Pro-rector of the O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv (17 Marshala Bazhanova Str., Kharkiv, 61002, Ukraine)

E-mail: m.kyzym@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8948-2656>

Researcher ID: <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1859367>

Scopus Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorid=57216130870>

Kotliarov Yevhen I. – PhD (Economics), Associate Professor, Head of Department of Industrial Policy and Energy Security, Research Centre of Industrial Problems of Development of NAS of Ukraine (2 floor 1a Inzhenernyi Ln., Kharkiv, 61166, Ukraine)

E-mail: ekotliarov@i.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6366-6729>

Researcher ID: <https://www.webofscience.com/wos/author/record/V-3947-2017>

Майбутній розвиток України визначається двома чинниками. Перший – необхідність ліквідації наслідків російської збройної агресії. Пріоритетним у цьому сенсі є відновлення інфраструктурних об'єктів населених пунктів, у тому числі житлових будинків, які були та є першочерговими цілями під час російських артилерійських і ракетних обстрілів. За повідомленням Київської школи економіки, станом на листопад 2022 р. пошкодження житлового фонду України характеризується такими даними: кількість зруйнованих і пошкоджених житлових будинків складає: 126,7 тис. приватних (індивідуальних) будинків; 16,8 тис. багатоквартирних будинків; майже 0,3 тис. гуртожитків [1]. Типовим прикладом у цьому сенсі є м. Харків, в якому підлягають обстеженню 2 623 пошкоджених житлових будинків [2], а більше 400 будинків не підлягають відновленню [3].

Другий чинник, що визначає майбутній розвиток країни, – прагнення до отримання статусу повноцінного члена ЄС. Однією із обов'язкових умов вступу до ЄС є імплементація європейського законодавства у вітчизняне правове поле, розробка та реалізація політики розвитку різних галузей відповідно до вимог європейського законодавства. У сфері розвитку інфраструктури населених пунктів одним із основних напрямів, на якому необхідно зосередитись при відновленні країни, є розробка та реалізація політики підвищення енергоефективності житлових і публічних будівель.

У рамках ЄС завдання цілі політики енергоефективності приватного та державного секторів визначені директивами ЄС 2012/27/ EU «Про енергетичну ефективність» [4] і 2010/31/ЄС «Про енергетичну ефективність будівель» [5].

Частково вимоги цих Директив білі імplementовані у вітчизняне законодавство шляхом прийняття Законів України «Про Фонд енергоефективності» [6], «Про енергетичну ефективність будівель» [7], «Про енергетичну ефективність» [8]. Уже під час російської військової агресії, в липні 2022 р., було прийнято Закон «Про внесення змін до деяких законів України щодо створення умов для запровадження комплексної термомодернізації будівель» [9], який шляхом внесення змін до чинного законодавства (зокрема [6–8] та інших законів України) продовжив

процес імплементації вимог Директив [4; 5] в українське законодавство. Прийняття цього Закону передбачає прийняття довгострокової Стратегії термомодернізації будівель на період до 2050 року (далі – Стратегія), проект якої розміщено у вільному доступі на сайті Мінрегіонрозвитку [10].

У проекті Стратегії відмічається, що питоме споживання енергії багатоквартирними житловими будинками в Україні в середньому складає 264 кВт · год/м² на рік, у той час як у країнах ЄС цей показник складає 90 кВт · год/м² (для Німеччини – 70 кВт · год/м² на рік). Відповідно, одним із завдань Стратегії визначено зниження щонайменше в 3 рази енергопотребі для опалення та охолодження житлових і громадських будівель шляхом глибокої термомодернізації.

Тобто основним напрямом відновлення житлового фонду населених пунктів у повоєнний період повинне стати не просто ремонт пошкоджених будівель, а відновлення будівель з їх одночасною термомодернізацією.

Під термомодернізацією будівель у Законі [7] розуміється комплекс робіт на прийнятому в експлуатацію по закінченні будівництва об'єкті, результатом яких є підвищення показників енергетичної ефективності будівлі, інженерних систем та їх елементів, теплотехнічних характеристик огорожувальних конструкцій до рівня не нижче мінімальних вимог до енергетичної ефективності будівель.

У проекті Стратегії використовується поняття «глибокої термомодернізації», під яким розуміється «термомодернізація будівлі, наслідком якої є зменшення питомого споживання первинної енергії в будівлі більше ніж у три рази або перетворення її в будівлю з близьким до нульового рівнем споживання енергії» [10].

Заходи з одночасного відновлення та термомодернізації будівель досить витратні та, враховуючи масштаби руйнувань, не можуть бути виконані одночасно та повною мірою. У зв'язку з цим актуальним стає завдання визначення черговості (пріоритетності) робіт з термомодернізації будівель.

Питання організації централізованого теплопостачання та теплоспоживання населених пунктів у

роботах вітчизняних науковців не є висвітленими достатньою мірою. Питання же термомодернізації будівель, особливо в умовах їх одночасного відновлення в повоєнний період, є зовсім неохопленими. Окремим аспектам проблеми теплопостачання та теплоспоживання населених пунктів присвячено окремі публікації науковців [11–17 та ін.], але проблема визначення черговості (пріоритетності) робіт з термомодернізації будівель в Україні є недослідженою та потребує вивчення та вироблення відповідних рішень і рекомендацій.

Метою статті є аналіз окремих заходів з термомодернізації будівель і визначення такої послідовності їх здійснення, яка дозволяє отримати результати в найкоротші терміни з максимально можливим результатом.

На даний час в Україні діє Державний стандарт «Настанова з виконання термомодернізації житлових будинків» [18] (далі – Настанова), але він містить лише орієнтовну й укрупнену послідовність реалізації окремих заходів з термомодернізації (рис. 1).

В умовах, коли необхідно здійснювати масове відновлення житлових будинків у найкоротші терміни, і при обмеженості інвестиційних ресурсів дана послідовність потребує уточнення та деталізації.

Враховуючи вимоги Директив ЄС [4; 5] і поточний стан житлового фонду українських населених пунктів, термомодернізація повинна охоплювати не тільки пошкоджені будівлі, а й ті, що не потерпали від обстрілів.

Для подальших досліджень як інформаційна база використовуються дані, що наведені в проєкті Стратегії [10] та в Базі даних енергетичних сертифікатів будівель Держкоенергоефективності [19] (далі – База даних).

У проєкті Стратегії [10] передбачено перелік робіт, що планується здійснювати під час термомо-

дернізації будівель. Аналіз цього переліку дозволяє згрупувати ці роботи на традиційні (виконуються на початковому етапі термомодернізації) та роботи з глибокої модернізації (виконуються після першочергових робіт) – рис. 2.

Аналіз Баз даних показує, що на даний час необхідно зосередитися виключно на заходах традиційної термомодернізації. Цей висновок базується на такому.

База даних, яка в даний час тільки формується, містить більше 4 200 енергетичних сертифікатів. Для подальшого аналізу відібрані енергетичні сертифікати функціонуючих житлових будинків (без тих, що проєктуються, або знаходяться в стадії будівництва), які містять інформацію про необхідні інвестиції в термомодернізацію, перелік відповідних заходів і оцінку їх ефективності. Загальна кількість таких відібраних сертифікатів – 566. Усі відібрані енергетичні сертифікати складені протягом 2019–2021 рр. і мають середній або високий рівень достовірності.

Будинки, що включені до вибірки, розподіляються за класами енергоефективності (до проведення термомодернізації) таким чином (рис. 3). Як свідчать наведені дані, основна частина будинків мають найнижчі класи енергоефективності: 496 будинків – класу G, 42 будинки – класу F.

Низький клас енергоефективності будинків, що включені до вибірки, обумовлює здійснення заходів тільки з традиційної термомодернізації. Глибока термомодернізація будинків, яка передбачає використання відновлюваних джерел енергії (застосування теплових насосів, сонячних батарей, сонячних колекторів для систем опалення, охолодження та кондиціонування), може бути проведена тільки після досягнення будівлями й інженерними системами певних критеріїв, передбачених Настановою [18]. Згідно з

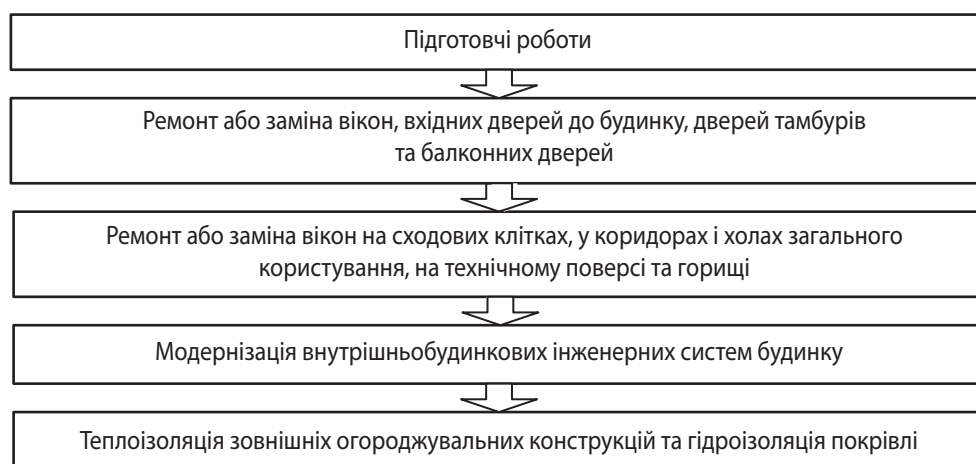


Рис. 1. Послідовність виконання робіт з термомодернізації згідно з «Настановою з виконання термомодернізації житлових будинків»

Джерело: складено на основі [18].



Рис. 2. Класифікація заходів з термомодернізації будівель

Джерело: складено на основі [7; 10].

Настановою заходи з глибокої термомодернізації не можуть реалізовуватись:

- а) в будинках з класом енергоефективності нижче С;
- б) разом із внутрішньобудинковими інженерними системами, що мають клас енергоефективності технічного оснащення, автоматизації, моніторингу й управління нижче С;

в) разом із внутрішньобудинковими інженерними системами, обладнання (насоси, терморегулятори, лампи тощо) яких мають клас енергоефективності нижче А [18, п. 5.4.10].

Стосовно послідовності здійснення заходів із традиційної термомодернізації слід відмітити таке. Розробка послідовності є необхідною виходячи з вимог Настанови, яка у складі першого етапу термомо-

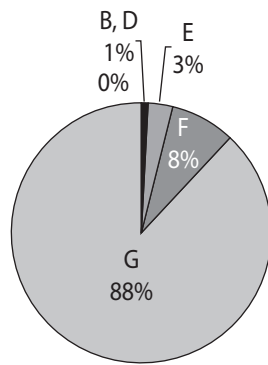


Рис. 3. Розподіл житлових будинків, що включені до вибірки за класами енергетичної ефективності

Джерело: складено на основі [19].

дернізації (підготовчих робіт) передбачає, зокрема, «установлення послідовності, паралельності та зміщуваності (за необхідності – розробка графіка) виконуваних робіт з термомодернізації» [18, п. 5.2.1].

Для розробки цієї послідовності використовуємо дані про рівень інвестицій та ефект від реалізації заходів з традиційної термомодернізації по проаналізованих енергетичних сертифікатах будівель (табл. 1). Окремо в табл. 1 наведено дані по «усередненому» проекту, під яким розуміємо проект модернізації будівлі, який включає всі перелічені в табл. 1 заходи. Окремі техніко-економічні показники такого «усередненого» проекту приймаються на середньому по вибірці рівні.

Руйнування, які масово зазнали житлові будівлі, підказують, що передусім при відновленні повинні виконуватися роботи з ремонту або заміни вікон, вхідних дверей до будинку, дверей тамбурів та балконних дверей. Як першочергові заходи ці роботи передбачені й у Настанові (див. рис. 1).

Типове технічне рішення при заміні вікон – встановлення металопластикових вікон з подвійним склопакетом (потрійне скління) з енергоефективним напленням на першому та третьому склі та заповненням внутрішньої порожнини висушеним повітрям, криптоном чи аргоном. Захід набув розповсюдження в житлових будівлях ще в довоєнні часи. Але обстеження, що проводилися при розробці енергетичних сертифікатів [19], свідчать про неодинокі порушення при монтажі вікон вимог державних стандартів і будівельних норм, зокрема «Настанови щодо проектування та улаштування вікон та дверей» [20]. Тому навіть встановлені та непошкоджені металопластикові вікна при проведенні термомодернізації повинні перевірятися на дотримання вимог до їх монтажу а виявлені відхилення від вимог [20] – усуватись.

В енергетичних сертифікатах, що включені до вибірки, заміна вікон і балконних дверей у квартирах є одним із найпоширеніших заходів – передбачається

для 416 будівель із 566. У середньому по вибірці інвестиції на встановлення енергоефективних вікон складають 286,29 грн у розрахунку на 1 м² площі, що опалюється. Простий термін окупності складає в середньому 15,6 року.

Встановлення енергоефективних вікон у містах загального користування є малорозповсюдженим у вибірці – 102 будівлі з 566, але більш економічно привабливим – у середньому простий термін окупності складає 10,4 року.

Дані, наведені в табл. 1, показують, що для «усередненого» проекту термомодернізації (коли виконуються всі заходи) економія енергоресурсів від реалізації заходів цієї групи складає 17,5 кВт · год/рік, або 8,7% від загальної суми, але для цього потрібно 14,5% сумарних інвестицій у термомодернізацію.

Крім цього, цей захід є першочерговим, бо саме його реалізація надає фізичну можливість під'єднання будинку до мереж централізованого опалення.

Наступним етапом термомодернізації житлових будівель повинна стати модернізація інженерних систем опалення. Сукупно реалізація цих заходів потребує 10,6% від загальної суми інвестицій і може надати економію енергоресурсів в розмірі 25,7%.

Сутність окремих заходів з термомодернізації інженерних систем полягає в такому (табл. 2).

Усі заходи характеризуються прийнятним терміном окупності (не більше 7 років). Але ефективність окремих заходів з модернізації інженерних систем будівлі коливається в досить широких межах.

Так, наприклад, найпоширеніший захід з цієї групи – теплоізоляція трубопроводів та запірної арматури системи опалення та гарячого водопостачання (запропоновано для 380 будинків з 566, що включені до вибірки), потребує в середньому інвестицій в сумі 35 грн/м², коливаючись від 1 до більше ніж 300 грн на 1 м² площі, що опалюється. Відповідно широкий діапазон коливань має і простий термін окупності – від 1 до 20 років, при середньому рівні 1,6 року. Досить широкі коливання характерні і для економії теплоенергії в грошовому та натуральному виразах.

Суттєві коливання показників характерні і для робіт з балансування системи опалення. Так, середній рівень інвестицій для вибірки із 349 будинків складає 38,48 грн/м² площі, що опалюється. За окремими енергосертифікатами цей показник коливається від 1 до більше ніж 300 грн/м². Коливання простого терміну окупності – від 0,2 до більше 30 років, при середньому рівні 5,1 року.

Широкий діапазон коливань характерний і для інших заходів цієї групи (встановлення ІТП і поквартирних терморегуляторів).

Такі коливання пояснюються цілим рядом чинників: конструктивні особливості інженерних систем, поточний стан теплоізоляції внутрішніх трубопроводів, вартість теплоенергії (яка встановлюється

Типові заходи з термомодернізації будівель та їх орієнтовна вартість

Захід з термомодернізації	Кількість проєктів	У розрахунку на 1 м ² опалювальної площі			
		Інвестиції, грн	Економічний ефект, грн/рік	Економія енергії, кВт · год/рік	Простий термін окупності, років
Підготовчі заходи					
Заміна блоків віконних на теплозберігаючі в квартирах	416	286,29	18,31	13,7	15,6
Заміна блоків віконних у місцях загального користування	102	40,42	3,88	2,9	10,4
Теплоізоляція зовнішніх дверей та дверей тамбурів зовнішнього входу	347	20,75	1,25	0,9	16,6
Усього по групі заходів		347,46	23,44	17,5	14,8
Термомодернізація інженерних систем опалення і гарячого водопостачання					
Теплоізоляція трубопроводів та запірної арматури системи опалення та гарячого водопостачання	380	35,14	21,69	15,9	1,6
Встановлення індивідуальних теплових пунктів	336	87,95	25,60	18,5	3,5
Встановлення балансувальних клапанів та балансування системи опалення	349	38,48	7,61	5,8	5,1
Встановлення поквартирних терморегуляторів	236	93,52	14,10	11,4	6,6
Усього по групі заходів		255,09	69,0	51,6	3,7
Термомодернізація будівельних конструкцій					
Теплоізоляція неопалювального горища	498	211,15	17,99	13,2	11,7
Теплоізоляція зовнішніх стін і цоколю	545	796,93	68,76	41,9	13,6
Теплоізоляція перекриття підвалу	378	160,78	9,42	6,9	17,1
Усього по групі заходів		1168,86	96,17	62,0	12,2
Встановлення локальних вентиляційних приладів з рекуперацією тепла	237	629,62	95,30	69,5	6,6
Усього по всіх перелічених заходах (усереднений проєкт)		2401,03	283,91	200,6	8,5
Питома вага в загальній сумі, %					
Підготовчі заходи (заміна вікон і дверей)		14,5	8,3	8,7	
Термомодернізація інженерних систем		10,6	24,3	25,7	
Термомодернізація будівельних конструкцій		48,7	33,9	30,9	
Термомодернізація вентиляційної системи		26,2	33,6	34,6	

Джерело: розраховано авторами за даними бази даних енергетичних сертифікатів [19].

Заходи з модернізації інженерних систем опалення і гарячого водопостачання

Назва заходу	Зміст робіт
Теплоізоляція трубопроводів та запірної арматури системи опалення та гарячого водопостачання	Утеплення ізоляційними матеріалами з мінеральної вати або теплоізоляційними циліндрами з базальтового волокна з шаром базальту та покрівельного шару алюмінієвої фольги, армованою склосіткою
Встановлення індивідуальних теплових пунктів (ІТП)	Встановлення ІТП повинно дозволити автоматично регулювати кількість тепла, що споживає будівля, залежно від зовнішньої температури та налаштувати режими енергоспоживання після впровадження інших енергозберігаючих заходів, оптимізуючи теплоспоживання. Основне обладнання: 1. Регулятор теплового потоку з погодою корекцією та корекцією за внутрішньою температурою. 2. Насосний вузол змішування. 3. Запірна арматура. 4. Необхідний комплект КВПіА. 5. Теплообмінник
Встановлення балансувальних клапанів та балансування системи опалення	Виконання розрахунків щодо гідравлічного та теплового режиму системи опалення житлового будинку. Встановлення на стояках системи опалення автоматичних балансувальних клапанів. Балансування системи опалення будинку. Гідрохімічна промивка системи опалення
Встановлення поквартирних терморегуляторів	Встановлення термостатичних кранів (термостатичних клапанів із термоголівками) на всіх приладах опалення. У рамках заходу передбачається: – встановлення опалювальних приладів малої інерційності із застосуванням байпасів; – встановлення термостатів на опалювальних приладах; – встановлення приладів – розподільвачів тепла

Джерело: складено на основі Бази даних енергетичних сертифікатів [19].

індивідуально для кожного виробника), прийнята схема опалення будинку тощо.

Досить великий обсяг вибірки за кожним із заходів дозволяє зробити висновки, базуючись саме на середніх величинах показників, що аналізуються.

Виходячи з терміну окупності цю групу заходів рекомендується здійснювати в такій послідовності (рис. 4).

Згідно з даними табл. 1, реалізація заходів цієї групи для «усередненого» проекту термомодернізації дозволить отримати економію енергоресурсів 59,1 кВт · год, або 29,5% від загальної суми економії. Питома вага інвестицій в цю групу заходів складає лише 10,6% від загальної суми. Тобто заходи цієї групи є найбільш інвестиційно привабливими.

Наступним етапом традиційної термомодернізації житлових будівель повинна стати термомодернізація їх будівельних конструкцій. Зміст відповідних робіт наведено в табл. 3.

Заходи цієї групи є найбільш капітаоемними: інвестиції в реалізацію будівельних конструкцій сягають 48,7% від загальної суми (1168,86 грн/м² опалювальної площі). Вклад в економію енергоресурсів значно менший – лише 30,9% від загальної суми зни-

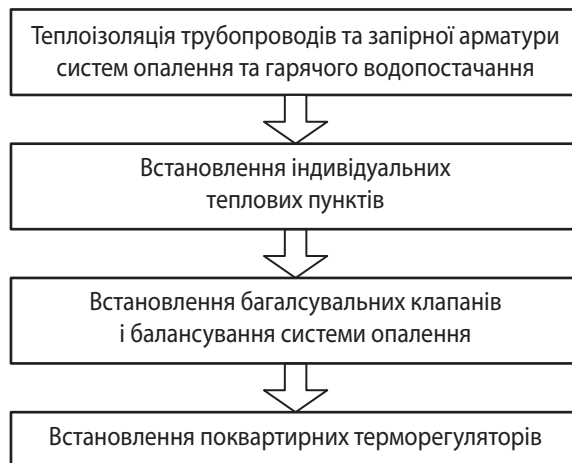


Рис. 4. Послідовність заходів з термомодернізації інженерних систем опалення

Джерело: складене на основі [19].

ження споживання і зівставний із економічністю заходів з термомодернізації інженерних систем опалення (29,5% від загальної економії енергоресурсів).

Але без реалізації цих заходів неможливо забезпечити виконання вимог європейського та вітчизняного законодавства.

Заходи з термомодернізації будівельних конструкцій будівель

Назва заходу	Зміст робіт
Теплоізоляція зовнішніх стін	Утеплення фасадів мінераловатними (базальтовими) плитами товщиною 100–150 мм з коефіцієнтом теплопровідності 0,045 Вт/(м · °С) і густиною 150 кг/м ³ або пінополістирольними плитами товщиною 150 мм. Утеплення стін цоколю екструзійним пінополістиролом товщиною 100 мм і коефіцієнтом теплопровідності не більше 0,031 Вт/(м · °С)
Теплоізоляція неопалювального горища	Утеплення мінераловатним утеплювачем товщиною 100–250 мм з коефіцієнтом теплопровідності 0,045–0,050 Вт/(м · °С) з густиною не менше 160–180 кг/м ³ з шаром парота гідроізоляції
Теплоізоляція перекриття підвалу та цоколю	Облаштування теплової ізоляції мінераловатним утеплювачем шаром 120–200 мм з коефіцієнтом теплопровідності 0,045 Вт/(м · °С) і щільністю не менше 150 кг/м ³ , або плитами із екструдованого пінополістиролу з коефіцієнтом теплопровідності не гірше 0,05 Вт/(м · °С) з товщиною шару утеплювача плити перекриття підвалу не менше 100 мм, або напиленням пінополіуретану (ППУ) з низу плит перекриття
Встановлення поквартирних терморегуляторів	Встановлення термостатичних кранів (термостатичних клапанів із термоголовками) на всіх приладах опалення, що дозволяє регулювати тепловий потік від опалювальних приладів безпосередньо в кімнатах. У рамках заходу пропонується: – встановлення опалювальних приладів малої інерційності із застосуванням байпасів; – встановлення термостатів на опалювальних приладах; – встановлення приладів – розподільвачів тепла

Джерело: розраховано за даними Бази даних енергетичних сертифікатів [19].

Окремо слід розглянути такий захід, як встановлення локальних вентиляційних приладів з рекуперацією тепла.

Цей захід – один із найбільш капіталоемних: у середньому 629,62 грн/м² опалювальної площі (поступається лише утепленню фасадів і цоколю), але, водночас, він є одним із найенергоефективніших. Як показують дані, наведені в табл. 1, у середньому економія енергоресурсів при впровадженні цього заходу складає 69,5 кВт · год/рік, що перевищує сумарну економію від утеплення будівельних конструкцій (69,0 кВт · год/рік).

Доцільність реалізації цього заходу додатково пояснюється тим, що встановлення металопластикових вікон (з дотриманням стандартів щодо їх монтажу) призводить до зменшення природного повітрообміну (неконтрольованої інфільтрації) та, відповідно, знижує якість внутрішнього повітря. Для запобігання цьому необхідна ефективна система вентиляції.

За оцінками енергоаудиторів, робота механічної системи вентиляції приведе до незначного збільшення споживання електричної енергії відносно до фактичного енергоспоживання, проте наявність рекуператора дозволить повернути до помешкання понад 50% теплової енергії, що витрачається для нагріву повітря [19].

Враховуючи високий рівень інвестицій, пропонується цей захід здійснювати в останню чергу, коли будуть мінімізовані втрати тепла через огорожувальні конструкції будівлі.

Отже, послідовність заходів з термомодернізації будівлі пропонується така (рис. 5). У рамках кожної групи окремі заходи ранжуються за терміном окупності.

Практичну значущість запропонованої послідовності можна проілюструвати на такому прикладі.

Розглянемо умовний населений пункт (або житловий мікрорайон міста), в якому опалювальна площа складає 1 млн м². Внаслідок збройної агресії 33% житлового фонду зазнали пошкоджень. Для відновлення та термомодернізації житлового фонду доступні інвестиції в сумі 1,5 млрд грн, з яких на ремонтні (відновлювальні) роботи планується спрямувати 0,5 млрд грн, а ще 1,0 млрд грн використати для проведення термомодернізації житлового фонду.

Дослідимо два варіанти здійснення термомодернізації.

Перший варіант – заміна пошкоджених вікон і подальша традиційна модернізація окремих будинків з реалізацією всіх передбачених заходів.

Другий варіант – заміна всіх вікон у населеному пункті, виконання першочергових заходів і подальша реалізація тих заходів, що мають найменші терміни окупності та забезпечують найбільшу економію енергоресурсів.

Необхідні дані щодо рівня інвестицій та економії енергоресурсів приймаються згідно з табл. 1.

Розподіл інвестицій по цих варіантах наведено на рис. 6 – рис. 7.

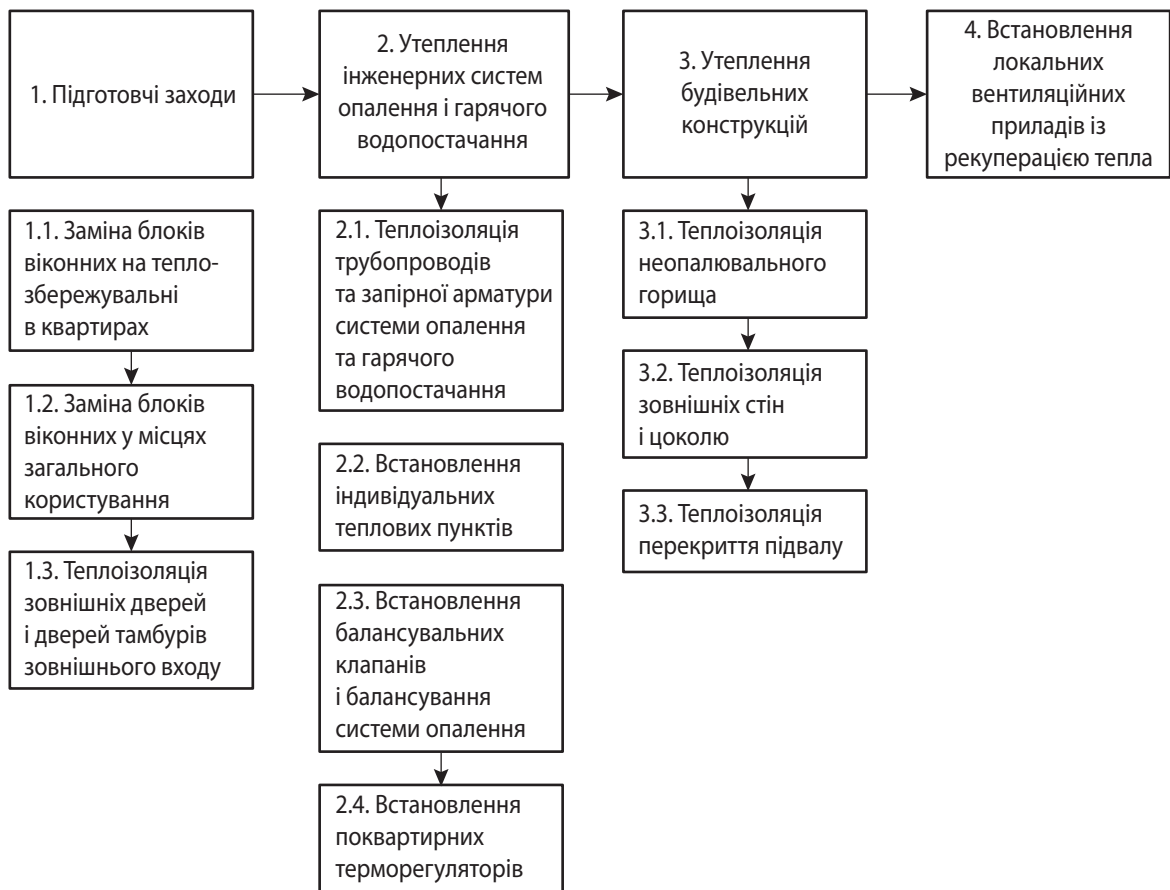


Рис. 5. Укрупнена послідовність здійснення заходів з термомодернізації житлових будинків

Джерело: авторська розробка.

Заміна пошкоджених вікон	Традиційна модернізація пошкоджених будівель опалювальною площею 330,0 тис. м ²	Традиційна термомодернізація решти будівель опалювальною площею 86,442 тис. м ²
94475,7	697053,3	207571,0

Інвестиції, тис. грн

Площа житлових будівель, що повністю термомодернізовані – 416,442 тис. м²
(41,6 % від загальної площі)

Економія енергоресурсів внаслідок термомодернізації житлових будівель – 83538,3 МВт · год

Рис. 6. Розподіл інвестицій на термомодернізацію житлових будівель за першим варіантом

Джерело: авторська розробка.

Реалізація першочергових заходів	Утеплення інженерних систем	Встановлення локальних вентиляційних приладів з рекуперацією тепла в житлових будівлях опалювальною площею 631 254 м ²
347 460	255 090	397 450

У всіх будинках населеного пункту (мікрорайону) виконані першочергові заходи та роботи з термомодернізації інженерних систем опалення. Крім того, 63,1% опалювальної площі забезпечено енергоефективними системами вентиляції.

Економія енергоресурсів внаслідок реалізації заходів з термомодернізації – 112972,1 МВт · год

Рис. 7. Розподіл інвестицій на термомодернізацію житлових будівель за другим варіантом

Джерело: авторська розробка.

Отже, перший варіант (з орієнтацією на термо-модернізацію частини будинків «під ключ») дозволяє в масштабах населеного пункту отримати певний ефект: 41,6% житлового фонду буде відповідати мінімальним вимогам до енергетичної ефективності будівель, річна економія енергоресурсів складає 83538,3 МВт · год, або 71830 Гкал.

Але в умовах дефіцитності палива – природного газу – та недостатності інвестиційних ресурсів більш ефективним є варіант, за яким здійснюється не комплексна термомодернізація окремих будинків, а лише ті заходи, які, по-перше, забезпечують життєдіяльність будинків і, по-друге, мають найменші періоди окупності та дають максимальний ефект у вигляді економії енергоресурсів.

Другий розглянутий варіант дозволяє при тій самій сумі інвестицій отримати річну економію енергоресурсів на рівні 112972,1 МВт · год, або 97138,5 Гкал, тобто на 35% більше, ніж у попередньому варіанті. Це, безумовно, робить більш привабливим саме другий варіант послідовності виконання заходів з термомодернізації.

В умовах певного населеного пункту, залежно від характеру та масштабів руйнувань, ефективність запропонованої послідовності може відрізнитися від наведеного в нашому умовному прикладі. Але з точки зору підвищення енергоефективності житлового фонду в найкоротші терміни при плануванні масштабної термомодернізації запропонована послідовність дозволить більш раціонально використати доступні інвестиційні ресурси.

ВИСНОВКИ

Стан житлового фонду України ще в довоєнний період характеризувався, з точки зору енергоефективності, як незадовільний. Збройна агресія росії та масштабні руйнування саме житлових будинків викликають необхідність широкомасштабних відновлюваних робіт.

Прагнення України до вступу в ЄС задає вектор не простого відновлення, а модернізації житлового фонду шляхом кардинального підвищення його енергоефективності. Єдиним способом досягнення цієї мети є масова термомодернізація будівель.

На першому етапі масового виконання робіт з відновлення доцільно зосередитися на реалізації заходів з традиційної термомодернізації, які забезпечують фізичну можливість опалення будинків (заміна вікон і дверей на енергоефективні). Залежно від наявних інвестиційних ресурсів подальша термомодернізація житлового фонду може проводитись за двома варіантами:

- ✦ термомодернізація житлових будинків «під ключ» з виконанням усіх заходів;
- ✦ або, за дефіцитності інвестиційних ресурсів, – крім виконання першочергових заходів, реалізувати тільки ті заходи, що характеризують-

ся найменшими термінами окупності та найбільшою економією енергоресурсів: утеплення та модернізація інженерних систем опалення та гарячого водопостачання; встановлення індивідуальних вентиляційних приладів з рекуперацією тепла; і, в останню чергу, – утеплення огорожувальних конструкцій будинків. ■

БІБЛІОГРАФІЯ

1. На листопад 2022 року загальна сума збитків, завдана інфраструктурі України, складає майже \$136 млрд // KSE. 15.12.2022. URL: <https://kse.ua/ua/about-the-school/news/na-listopad-2022-roku-zagalna-suma-zbitkiv-zavdana-infrastrukturi-ukrayini-skladayemayzhe-136-mlrd/>
2. Повідомлення про оприлюднення інформації про План робіт з обстеження об'єктів, пошкоджених внаслідок збройної агресії Російської Федерації на території м. Харкова. URL: <https://www.city.kharkov.ua/uk/document/povidomlennya-pro-oprilyudnennya-informatsii-pro-plan-robit-z-obstezhennya-obektiv-poshkodzenikh-vnaslidok-zbroynoi-agresii-rosiyskoi-federatsii-na-teritorii-m-kharkova-66934.html>
3. У Харкові не підлягають відновленню понад 400 будинків. URL: <https://www.city.kharkov.ua/uk/news/ukharkovi-ne-pidlygayut-vidnovlennyu-ponad-400-budinkiv-52042.html>
4. Директива Європейського Парламенту та Ради «Про енергетичну ефективність» 2012/27/EU від 25.10.2012 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_017-12#Text
5. Директива Європейського Парламенту та Ради 2010/31/ЄС від 19.05.2010 р. «Про енергетичні характеристики будівель» (нова редакція). URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011-10#Text
6. Закон України «Про Фонд енергоефективності» від 08.06.2017 р. № 2095-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2095-19#Text>
7. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» від 22.06.2017 р. № 2118-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19#Text>
8. Закон України «Про енергетичну ефективність» від 21.10.2021 р. № 1818-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1818-20#Text>
9. Закон України «Про внесення змін до деяких законів України щодо створення умов для запровадження комплексної термомодернізації будівель» від 09.07.2022 р. № 2392-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2392-20#n581>
10. Проект розпорядження Кабінету Міністрів України «Про схвалення Довгострокової стратегії термомодернізації будівель на період до 2050 року та Концепції Загальнодержавної економічної цільової програми підтримки термомодернізації будівель на 2022–2030 роки». URL: <https://www.minregion.gov.ua/base-law/grom-convers/elektronni-konsultatsiyi-z-gromadskisty/roekt-rozporyadzhennya-kabinetu-ministriv-ukrayiny-pro-shvalennya-dovgostrovoyi-strategiyi-termomodernizacziyi-budivel-na-period-do-2050-roku-ta-konczepcziyi-zagalnodervhavnoyi-ekonomichnoyi/>

11. Патон Б. Є. и др. Пріоритети національної стратегії теплозабезпечення населених пунктів України / Патон Б. Є., Долинський А. А., Геєць В. М., Кухар В. П., Басок Б. І., Базєєв Є. Т., Подолець Р. З. Вісник НАН України. 2014. № 9. С. 29–47. URL: <http://www.visnyk-nanu.org.ua/sites/default/files/files/Visn.2014/9/7.Paton.pdf>
12. Управління енергоефективністю в сфері житлово-комунального господарства / кол. монографія за ред. П. П. Микитюка. Тернопіль : Економічна думка, 2018. 300 с.
13. Оптимізація систем теплопостачання із використанням економіко-математичного моделювання : монографія / за заг. ред. О. М. Гаврися. Харків : НТУ «ХПІ», 2015. 209 с.
14. Долинський А. А., Басок Б. І., Базєєв Є. Т. Енергетична стратегія України: розвиток теплозабезпечення. *Промышленная теплотехника*. 2015. Т. 37. № 2. С. 3–11.
DOI: <https://doi.org/10.31472/ihe.2.2015.01>
15. Кизим М. О., Котляров Є. І., Хаустова В. Є. Аналіз організації централізованого теплозабезпечення великих населених пунктів в Україні та країнах світу. *Бізнес Інформ*. 2021. № 9. С. 96–107.
DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2021-9-96-107>
16. Кизим М. О., Котляров Є. І., Хаустова В. Є. Аналіз тенденцій розвитку централізованого теплопостачання в Україні. *Бізнес Інформ*. 2021. № 8. С. 68–81.
DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2021-8-68-81>
17. Теплозабезпечення великих міст України: поточний стан і напрями модернізації : кол. моногр. / за ред. М. О. Кизима, Є. І. Котлярова. Харків : ФОРМ Лібуркіна Л. М., 2021. 340 с.
18. ДСТУ-Н В В.3.2-3:2014 Настанова з виконання термомодернізації житлових будинків / Державні будівельні норми України. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_n_b_v_3_2_3_2014_nastanova_z_vikonannja_termomodernizaciji_zhitlovikh_budinkiv/5-1-0-1199
19. База даних енергетичних сертифікатів Держенергоефективності України. URL: <https://data.gov.ua/dataset/850f8b57-fee3-493f-a7e7-365f73236bf5>
20. ДСТУ-Н В В.2.6-146:2010 «Конструкції будинків і споруд. Настанова щодо проектування і улаштування вікон та дверей». URL: https://wds.ua/wp-content/uploads/2019/01/DSTU_N_B_V.2.6-146_2010_PROEKTUVANNYA_I_ULASHTUVANNYA_VIKON_TA_DVEREY.pdf

REFERENCES

- “Baza danykh enerhetychnykh sertyfikatov Derzhenerhoefektyvnosti Ukrainy” [Database of Energy Certificates of the State Energy Efficiency Agency of Ukraine]. <https://data.gov.ua/dataset/850f8b57-fee3-493f-a7e7-365f73236bf5>
- Dolinskyi, A. A., Basok, B. I., and Bazieiev, Ye. T. “Enerhetychna stratehiia Ukrainy: rozvytok teplozabezpechennia” [Power Strategy of Ukraine: Development of Locality Heating]. *Promyshlennaya teplotekhnika*, vol. 37, no. 2 (2015): 3-11.
DOI: <https://doi.org/10.31472/ihe.2.2015.01>
- “DSTU-N В В.3.2-3:2014 Nastanova z vykonannia termomodernizatsii zhytlovykh budynkiv” [DSTU-N В В.3.2-3:2014 Guideline on Thermal Modernization of Residential Buildings]. Derzhavni budivnelni normy Ukrainy. https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_n_b_v_3_2_3_2014_nastanova_z_vikonannja_termomodernizaciji_zhitlovikh_budinkiv/5-1-0-1199
- “DSTU-N В В.2.6-146:2010 «Konstruksii budynkiv i sporud. Nastanova shchodo proektuvannia i ulashtuvannia vikon ta dverei»” [DSTU-N В В.2.6-146:2010 “Constructions of Buildings and Structures. Guidelines for the Design and Arrangement of Windows and Doors”]. https://wds.ua/wp-content/uploads/2019/01/DSTU_N_B_V.2.6-146_2010_PROEKTUVANNYA_I_ULASHTUVANNYA_VIKON_TA_DVEREY.pdf
- Kyzym, M. O., Kotliarov, Ye. I., and Khaustova, V. Ye. “Analiz orhanizatsii tsentralizovanoho teplozabezpechennia velykykh naselenykh punktiv v Ukraini ta krainakh svitu” [Analyzing the Centralized Heat Provision of Large Localities in Ukraine and Countries of the World]. *Biznes Inform*, no. 9 (2021): 96-107.
DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2021-9-96-107>
- Kyzym, M. O., Kotliarov, Ye. I., and Khaustova, V. Ye. “Analiz tendentsii rozvytku tsentralizovanoho teplopostachannia v Ukraini” [Analyzing the Tendencies in the Development of Centralized Heat Supply in Ukraine]. *Biznes Inform*, no. 8 (2021): 68-81.
DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2021-8-68-81>
- [Legal Act of Ukraine] (2010). https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011-10#Text
- [Legal Act of Ukraine] (2012). https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_017-12#Text
- [Legal Act of Ukraine] (2017). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19#Text>
- [Legal Act of Ukraine] (2017). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2095-19#Text>
- [Legal Act of Ukraine] (2021). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1818-20#Text>
- [Legal Act of Ukraine] (2022). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2392-20#n581>
- “Na lystopad 2022 roku zahalna suma zbytkiv, zavdana infrastrukturi Ukrainy, skladaie maizhe \$136 mlrd” [As of November 2022, the Total Amount of Damage Caused to the Infrastructure of Ukraine Is Almost \$136 Billion]. KSE. December 15, 2022. <https://kse.ua/ua/about-the-school/news/na-listopad-2022-roku-zagalna-suma-zbitkiv-zavdana-infrastrukturi-ukrayini-skladaye-mayzhe-136-mlrd/>
- Optymizatsiia system teplopostachannia iz vykorystanniam ekonomiko-matematichnoho modeliuвання [Optimization of Heat Supply Systems Using Economic and Mathematical Modeling]. Kharkiv: NTU «KhPI», 2015.
- “Povidomlennia pro opryliudnennia informatsii pro Plan robit z obstezhennia obiektiv, poshkodzhennykh vnaslidok zbroinoi ahresii Rosiiskoi Federatsii na terytorii m. Kharkova” [Notice on the Publication of Information on the Work Plan for the Inspection of Objects Damaged as a Result of the Armed Aggression of the Russian Federation on the Territory of the City of Kharkiv]. <https://www.city.kharkov.ua/uk/document/povidomlennya-pro-oprilyudnennya-informatsii-pro-plan-robit-z-obstezhennya-obektiv-poshkodzhennykh>

vnaslidok-zbroynoi-agresii-rosijskoi-federatsii-na-teritorii-m-kharkova-66934.html

"Proekt rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy «Pro skhvalennia Dovhostrokovoi stratehii termomodernizatsii budivel na period do 2050 roku ta Kontseptsii Zahalnodержавnoi ekonomichnoi tsilyovoi prohramy pidtrymky termomodernizatsii budivel na 2022-2030 roky»" [Draft Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine "On the Approval of the Long-term Strategy for the Thermal Modernization of Buildings for the Period until 2050 and the Concept of the National Economic Target Program for the Support of the Thermal Modernization of Buildings for the Years 2022-2030"]. <https://www.minregion.gov.ua/base-law/grom-convers/elektronni-konsultatsiyi-z-gromadskisty/roekt-rozporyadzhennya-kabinetu-ministriv-ukrainy-pro-shvalennya-dovgostrokovoyi-strategiyi-termomodernizaciyi-budivel-na-period-do-2050-roku-ta-konceptziyi-zagalnodержavnoyi-ekonomichnoyi/>

Paton, B. Ye. et al. "Priorytety natsionalnoi stratehii teplozabezpechennia naselenykh punktiv Ukrainy" [Priorities of the National Strategy for Heat Supply of Populated Areas of Ukraine]. *Visnyk NAN Ukrainy*, no. 9 (2014): 29-47. <http://www.visnyk-nanu.org.ua/sites/default/files/files/Visn.2014/9/7.Paton.pdf>

Teplozabezpechennia velykykh mist Ukrainy: potochnyi stan i napriamy modernizatsii [Heat Supply of Large Cities of Ukraine: Current State and Directions of Modernization]. Kharkiv: FOP Liburkina L. M., 2021.

"U Kharkovi ne pidliahaiut vidnovlenniu ponad 400 budynkiv" [In Kharkiv, More Than 400 Buildings Cannot Be Restored]. <https://www.city.kharkov.ua/uk/news/ukharkovi-ne-pidlygayut-vidnovlenniu-ponad-400-budinkiv-52042.html>

Upravlinnia enerhoefektyvnistiu v sferi zhytlovo-komunalnoho hospodarstva [Energy Efficiency Management in the Field of Housing and Communal Services]. Ternopil: Ekonomichna dumka, 2018.