

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
Інститут деревообробних технологій і дизайну  
Кафедра технологій захисту навколишнього середовища і деревини  
та безпеки життєдіяльності

## **Пояснювальна записка**

до дипломної роботи магістра на тему

### **ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЯ БУДІВЕЛЬ ЯК СТРАТЕГІЯ ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ: СВІТОВИЙ ДОСВІД ТА УКРАЇНСЬКІ НАПРАЦЮВАННЯ**

**Виконав:** студент групи ТЗНС-61м/2  
спеціальності 183 Технології захисту  
навколишнього середовища  
Сало М.Я.

**Керівник:** ст. викл., к.б.н. Маєвська О.М.

**Рецензент:** доц., к.т.н. Щупаківський Р.Б.  
(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**

Інститут деревообробних технологій і дизайну

Кафедра технологій захисту навколишнього середовища і деревини та безпеки життєдіяльності

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Спеціальність 183 Технології захисту навколишнього середовища

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Зав. кафедри: ІЗНСДБЖД

проф. Кшивецький Б.Я.

„ 30 „ Вересня 2024 року

**ЗАВДАННЯ  
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ МАГІСТРУ**

Салу Миколі Ярославовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи Термомодернізація будівель як стратегія декарбонізації: світовий досвід та українські напрацювання

Керівник проєкту Маєвська О.М., ст. викл., к.б.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом університету від “17” липня 2024 року №С-469

2. Термін подання студентом роботи 11.12.2024

3. Вихідні дані до проєкту: технологічні процеси термомодернізації будівель

4. Зміст пояснювальної записки (розділи, які потрібно розробити)

1. *Стан вивчення питання*

2. *Термомодернізація старих будівель як один із способів скорочення викидів парникових газів*

3. *Термомодернізація будівель в країнах ЄС та Україні: приклади реалізованих проєктів та скорочення викидів парникових газів від них*

4. *Пропозиції щодо термомодернізації будівлі для скорочення викидів парникових газів забруднюючих речовин (на прикладі корпусу № 2 Інституту деревообробних технологій і дизайну Національного лісотехнічного університету України (м. Львів, вул. Залізняка, 11))*

5. *Охорона праці і безпека в надзвичайних умовах*





*Висновки*

*Використана література*

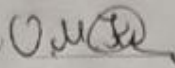
Презентація доповіді у слайдах

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
5.1.	Доц. Сторожук В.М.	 19.11.24	 01.12.24
5.2.	Доц. Сторожук В.М.	 19.11.24	 01.12.24

7. Дата видачі завдання 3 вересня 2024 року

Керівник проекту 

Масівська О.М.

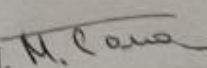
(підпис)

(прізвище, ініціали)

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

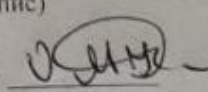
№ з/п	Назва етапів дипломної роботи магістра	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Стан вивчення питання	До 27.09.24	
2	Термомодернізація старих будівель як один із способів скорочення викидів парникових газів	До 21.10.24	
3	Термомодернізація будівель в країнах ЄС та Україні: приклади реалізованих проєктів та скорочення викидів парникових газів від них	До 12.11.2024	
4	Пропозиції щодо термомодернізації будівлі для скорочення викидів парникових газів забруднюючих речовин (на прикладі корпусу № 2 Інституту деревообробних технологій і дизайну Національного лісотехнічного університету України (м. Львів, вул. Залізняка, 11))	До 20.11.2024	
5	Охорона праці і безпека в надзвичайних умовах	До 01.12.2024	
6	Оформлення магістерської роботи	До 10.12.2024	

Студент

Сало М.Я. 

(підпис)

Керівник роботи

Масівська О.М. 

(підпис)

## АНОТАЦІЯ

Тема дипломної роботи магістра – «Термомодернізація будівель як стратегія декарбонізації: світовий досвід та українські напрацювання».

У цій магістерській роботі розглянуто процес термомодернізації як метод переобладнання старих будівель, що приводить до зниження викидів парникових газів. Цей процес є частиною глобального процесу декарбонізації різних секторів світової економіки. Детальний аналіз етапів процесу термомодернізації наведений у першому розділі.

У другому розділі наводиться аналіз старого фонду будівель в Україні та можливості подальшого розвитку процесу термомодернізації щодо будівель в нашій державі.

Третій розділ роботи стосується напрацювань щодо процесу термомодернізації будівель в країнах Європейського Союзу та в Україні та вплив цього процесу на скорочення викидів парникових газів.

У четвертому етапі подаються пропозиції щодо термомодернізації корпусу № 2 навчально-наукового Інституту деревообробних технологій і дизайну (м. Львів, вул. Залізняка, 11), які включають оцінювання переваг і недоліків різних варіантів котельні для опалення будівлі і орієнтовний план проведення заходів термомодернізації для цих варіантів. Проведення термомодернізації за кожного з запропонованих варіантів в більшій чи меншій мірі позначиться на скороченні викидів парникових газів і забруднюючих речовин від корпусу № 2 Інституту деревообробних технологій і дизайну НЛТУ України.

## SUMMARY

The topic of the master's thesis is “Thermal modernisation of buildings as a decarbonisation strategy: global experience and Ukrainian development”.

This master's thesis examines the process of thermal modernisation as a method of retrofitting old buildings, which leads to a reduction in greenhouse gas emissions. This process is part of the global process of decarbonisation of various sectors of the world economy. A detailed analysis of the stages of the thermal modernisation process is provided in the first section.

The second section provides an analysis of the old building stock in Ukraine and the possibilities for further development of the thermal modernisation process for buildings in our country.

The third section of the paper deals with the developments in the thermal modernisation of buildings in the European Union and Ukraine and the impact of this process on reducing greenhouse gas emissions.

In the fourth stage, proposals for the thermal modernisation of the building № 2 of the Educational and Research Institute of Woodworking Technologies and Design (11 Zaliznyaka St., Lviv) are presented, including an assessment of the advantages and disadvantages of different options for the boiler room for heating the building and an indicative plan for thermal modernisation measures for these options. The thermal modernisation of each of the proposed options will have a greater or lesser impact on the reduction of greenhouse gas and pollutant emissions from the building № 2 of the Institute of Woodworking Technology and Design of the National Forestry Technical University of Ukraine.

## ЗМІСТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ	7
ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. СТАН ВИВЧЕННЯ ПИТАННЯ	11
1.1. Стратегія декарбонізації будівельної сфери	11
1.2. Декарбонізація будівель як один із напрямків регулювання кліматичних змін через скорочення викидів парникових газів	15
1.3. Термомодернізація будівель: трактування визначення, типи та основні етапи проведення, економічні затрати та очікувані переваги	17
1.4. Законодавчі ініціативи щодо декарбонізації будівель в країнах Європейського Союзу та Україні	22
РОЗДІЛ 2. ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЯ СТАРИХ БУДІВЕЛЬ ЯК ОДИН ІЗ СПОСОБІВ СКОРОЧЕННЯ ВИКИДІВ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ	29
Аналіз житлового сектору в країнах Європейського Союзу та темпи його поточної термомодернізації	30
Аналіз старого фонду будівель в Україні та потенціал його термомодернізації	34
РОЗДІЛ 3. ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЯ БУДІВЕЛЬ В КРАЇНАХ ЄС ТА УКРАЇНІ: ПРИКЛАДИ РЕАЛІЗОВАНИХ ПРОЄКТІВ ТА СКОРОЧЕННЯ ВИКИДІВ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ ВІД НИХ	40
3.1. Термомодернізація житла в Німеччині та Польщі: аналіз житлового фонду та темпи проведення термомодернізації	41
3.2. Приклади термомодернізації окремих житлових та нежитлових будівель в Польщі: аналіз проведених робіт та зниження викидів парникових газів	44
3.3. Приклади термомодернізації житла в Україні: особливості проведення та реалізація успішних проєктів у житловому секторі	55
РОЗДІЛ 4. ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ БУДІВЛІ ДЛЯ СКОРОЧЕННЯ ВИКИДІВ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ І ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН (НА ПРИКЛАДІ КОРПУСУ № 2 ІНСТИТУТУ ДЕРЕВООБРОБНИХ ТЕХНОЛОГІЙ І ДИЗАЙНУ НАЦІОНАЛЬНОГО ЛІСОТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ УКРАЇНИ (м. ЛЬВІВ, вул. ЗАЛІЗНЯКА, 11))	70
РОЗДІЛ 5. РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ І БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ УМОВАХ	76
5.1. Дотримання охорони праці при обстеженні будівель для складання плану щодо їхньої термомодернізації	76
5.2. Дотримання правил безпеки при виникненні надзвичайних ситуацій	77
ВИСНОВКИ	78
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	79

## СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

ЄС – Європейський Союз

ПГ – парникові гази

ІТП – індивідуальний тепловий пункт

ОСББ – об'єднання співвласників багатоквартирних будинків

ВДЕ – відновні джерела енергії

ZEB – zero-emission buildings – будівлі з нульовими викидами

ДБН – державні будівельні норми

ВВП – валовий внутрішній продукт

## ВСТУП

Актуальність проблеми термомодернізації в умовах України спричинена великою кількістю старого житлового фонду, який характеризується значними енерговтратами, та використанням для енергозабезпечення переважно викопних видів палива, спалювання якого приводить до погіршення якості атмосферного повітря і великого викиду парникових газів. Останні є основною причиною посилення парникового ефекту, зростання температури і кліматичних змін, які проявляються як глобальне потепління планетарного масштабу. Покращення енергоефективності у всіх секторах економіки, зокрема й у будівельній сфері, є надзвичайно важливою з погляду на ситуацію, спричинену повномасштабною війною, значними руйнуваннями енергосистеми України внаслідок ракетних обстрілів, можливими складнощами з проведенням опалювального сезону.

Враховуючи поточну критичну ситуацію із станом енергетичних об'єктів, зростаючі рахунки за опалення та електроенергію, швидке скорочення кількості викопних палив термомодернізація будівель є таким переоблаштуванням житла, яке дає змогу підняття внутрішньобудинкової температури, скорочення витрат енергоресурсів і відповідно оплати за них. Окрім суто грошових заощаджень, які насамперед торкаються гаманців споживачів, в масштабах держави проведення термомодернізації будівель є вкладом до декарбонізації секторів економіки, тобто зменшення викидів парникових газів, що потрапляють в атмосферне повітря. Такі кроки є важливими для виконання зобов'язань України як асоційованого члена Європейського Союзу щодо регулювання кліматичних змін в контексті скорочення викидів парникових газів.

Повномасштабна війна внесла свої корективи у масштаби та темпи термомодернізації в Україні, адже значним став відсоток житла, яке є повністю або частково зруйноване, особливо це стосується східної частини нашої держави, де деякі міста є знищені практично повністю. Їхнє післявоєнна відбудова повинна вестись з використанням сучасних технологій, нових матеріалів, дотримання екологічних нормативів, які вимагають значних фінансових інвестицій і тривалого часу на спорудження нового житла. Однак частка застарілого щодо

енергоефективності житлового фонду все ж значна і потребує модернізації, яка б зробила таке житло енергоощадним і дало змогу виконати вимоги щодо декарбонізації. Поки в Україні війна, процес термомодернізації поки в повному обсязі не може бути продовжений. Радше має йти активне напрацювання першочерговості виконання завдань, які треба буде реалізовувати у післявоєнний час.

**Мета роботи:** визначити основні завдання щодо термомодернізації та їхні впливи на скорочення викидів парникових газів. На прикладі однієї з реальних будівель розробити послідовність дій, які необхідно виконати, щоб розпочати процес термомодернізації та спрогнозувати зниження викидів парникових газів від неї.

**Об'єкт дослідження:** викиди парникових газів від будівель різного походження (житлових і нежитлових, багатоповерхових і приватних)

**Предмет дослідження:** технології термомодернізації і зміни викидів парникових газів від будівель

**Завдання роботи:**

- Зробити аналіз впливу викидів від будівельного сектору на викиди парникових газів та основні завдання щодо декарбонізації цієї галузі;
- Охарактеризувати процес термомодернізації: основні типи, етапи проведення, очікувані результати енергоефективності щодо них;
- Проаналізувати законодавчі документи щодо процесу декарбонізації, які розроблені та реалізуються в країнах ЄС та в Україні;
- Здійснити аналіз ринку будівель у країнах ЄС та в Україні й оцінити потенціал щодо його термомодернізації;
- Оцінити ефективність проведеної термомодернізації на скорочення викидів парникових газів на основі аналізу реальних будівель, розташованих в деяких країнах ЄС та в Україні;
- Розробити пропозиції щодо проведення процесу термомодернізації будівлі – корпусу № 2 навчально-наукового Інституту деревообробних технологій і дизайну Національного лісотехнічного університету України, розташованого у

м. Львові на вул. Залізняка, 11), необхідного для скорочення викидів парникових газів та забруднюючих речовин, що потрапляють в атмосферне повітря.

## РОЗДІЛ 1. СТАН ВИВЧЕННЯ ПИТАННЯ

### 1.1. Стратегія декарбонізації будівельної сфери

Декарбонізація – стратегія щодо скорочення викидів парникових газів (ПГ), утворених від антропогенної діяльності, для врегулювання кліматичних змін. Однією з основних причин зростання викидів парникових газів є використанням невідновних джерел енергії, таких як природний газ, нафта, вугілля. Основним парниковим газом, залученим у прогресування кліматичним змін, є вуглекислий газ ( $\text{CO}_2$ ) – приблизно 80% у всіх викидах парникових газів. Концентрація  $\text{CO}_2$  в атмосфері зросла на сьогодні майже в 1,5 рази порівняно з серединою XVIII століття (400 ppm проти 280 ppm) і продовжує підвищуватись на 2-3 ppm щороку [1]. Діаграма змін рівня діоксиду вуглецю та температури наведені на рис. 1.

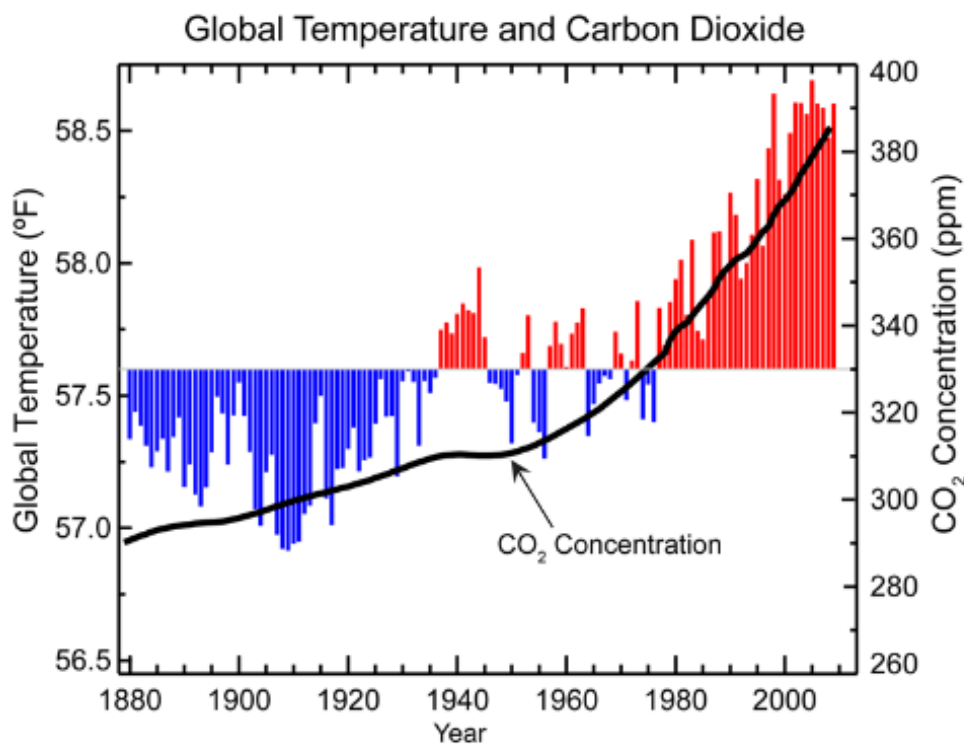


Рис. 1. Зростання концентрації  $\text{CO}_2$  і підвищення температури в планетарному масштабі за останні двісті років [2]

Прогнозується, що кліматичні зміни на планеті стануть незворотними, якщо глобальна температура зросте на більш ніж  $2^\circ\text{C}$ , що відповідає рівню  $\text{CO}_2$

атмосфері, рівному 450 ppm. Концентрація інших основних парникових газів – метану (CH<sub>4</sub>), закису азоту (N<sub>2</sub>O), перфторвуглецю (CF<sub>6</sub>) також зросли [3].

Зміна клімату – одна з найбільш екологічних, соціальних та економічних загроз для людства. Щоб попередити незворотні зміни, більшість світових держав підписали Рамкову конвенцію Організації Об'єднаних Націй про зміну клімату, домовившись про співпрацю з метою обмеження підвищення середньої глобальної температури і пов'язаної з цим зміни клімату за рахунок скорочення викидів парникових газів.

Кожен із секторів економіки характеризується своїм рівнем викидів. Будівельна сфера, як промисловий сектор і транспорт, – серед лідерів щодо викидів парникових газів. Діаграма розподілу викидів парникових газів наведена на рис. 2.

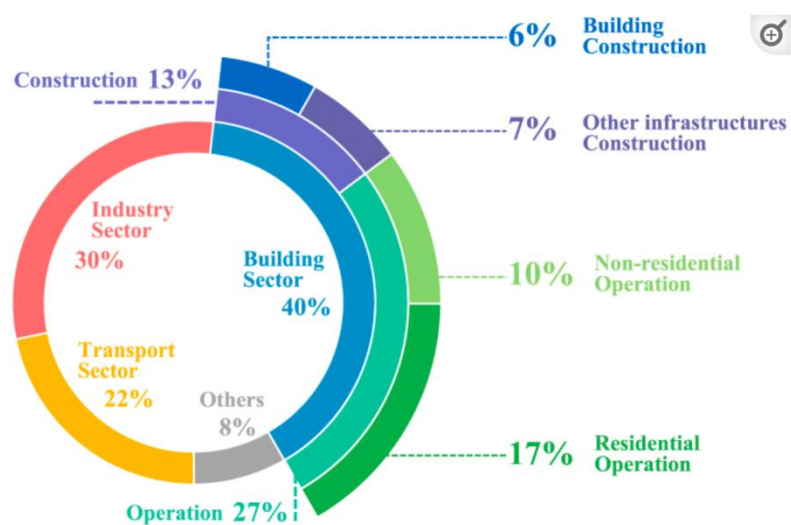


Рис. 2. Частки викидів вуглецю в кожному секторі у 2021 році [4]

У будівельній сфері кожен з етапів – зведення будівлі, забезпечення матеріалів та обладнання для цього, їхнє транспортування, експлуатація будівлі та її знесення, а також вивезення, перероблення і утилізація будівельних відходів супроводжуються викидами різних обсягів парникових газів. Найбільша частка викинутих парникових газів припадає на процес експлуатації будівлі (в середньому 67%), на етапах виробництва будівельних матеріалів та власне будівництва ці викиди становлять в середньому 31%, а для стадії завершення терміну експлуатації та управління утвореними будівельними відходами

припадає лише незначна частка – в середньому 2%. Розподіл часток викидів парникових газів на різних етапах – від будівництва до руйнування – представлені на рис. 3. Варто зазначити, що під час експлуатації будівлі генерують приблизно 40% щорічної глобальної емісії вуглецю. Формування прямих і непрямих викидів CO<sub>2</sub> спричинене використанням енергії. Частина викидів CO<sub>2</sub> у цьому секторі припадає на видобування, перероблення, виробництво, транспортування і монтаж матеріалів, з яких вони виготовлені будівлі. Інші викиди генеруються будівлями через роботу їхніх теплових, електричних та охолоджувальних систем, приготування їжі та побутових приладів.

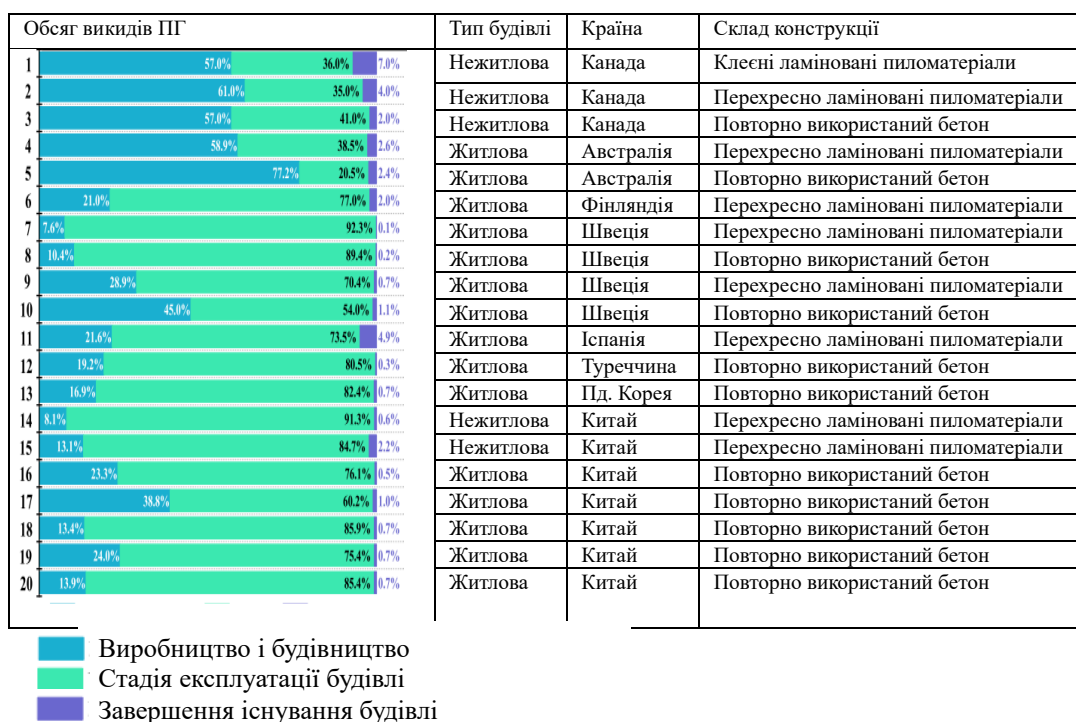


Рис. 3. Розподіл викидів парникових газів на різних етапах існування будівлі [5]

Узагальнені дані кругової діаграми (рис. 3) узгоджуються з результатами розподілу викидів парникових газів від конкретних будівель, проаналізовані для деяких європейських, азійських, країни Північної Америки та Австралії (таблиця 1). Як видно з цих даних, розподіл викидів парникових газів від будівель однакового терміну експлуатації (50 років) у різних країнах світу не залежить від кліматичної зони розташування будівлі, її категорії – житлова чи нежитлова, від матеріалу, з якого побудована будівля, а визначається саме стадією його життєвого циклу. Для більшості будівель домінуючим є обсяг викидів ПГ під час

експлуатації будівель, найменший об'єм викидів фіксується на завершальному етапі існування будинків.

Таблиця 1. Розподіл викидів парникових газів від будівель у різних країнах світу



Відповідно різними будуть підходи до декарбонізації на кожному етапі життєвого циклу будівлі. У таблиці 2 наведено основні підходи декарбонізації, які застосовуються у будівельній сфері на кожному етапі життєвого циклу будинку – від сфери будівельних матеріалів, проєктування та безпосередньо будівництва, енергоефективної експлуатації будівлі і до її руйнування та утилізації чи повторного використання будівельних відходів.

Таблиця 2. Підходи декарбонізації різних напрямків будівельної сфери

Етапи існування будівлі	Підхід декарбонізації
Виробництво будівельних матеріалів та їх логістика	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Оптимізація структури будівлі</li> <li>• Використання низьковуглецевих матеріалів</li> <li>• Конструкційні біоматеріали</li> <li>• Використання низьковуглецевого транспорту для доставки будівельних матеріалів</li> </ul>

Продовження таблиці 2

Етапи існування будівлі	Підхід декарбонізації
Проектування та спорудження будівель	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Науковий менеджмент проєктів</li> <li>• Технології збірних конструкцій</li> <li>• Використання модернізованого обладнання з низьким енергоспоживанням</li> </ul>
Експлуатація будівель	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Збереження тепла та енергії</li> <li>• Впровадження відновних технологій енергозабезпечення</li> <li>• Менеджмент «розумних» технологій</li> </ul>
Завершення існування будівель	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Енергоефективне обладнання для руйнування будинку</li> <li>• Рециклінг та повторне використання будівельних відходів</li> </ul>

**1.2. Декарбонізація будівель як один з напрямків регулювання кліматичних змін через скорочення викидів парникових газів**

Модернізація будівельної сфери розглядається як один з найпроблемніших викликів декарбонізації, метою якої є досягнення стандарту нульових викидів для всіх будинків (старих та нових) [6-11].

У даній роботі основна увага звернута на процеси декарбонізації будівельної сфери, насамперед будівель, які розташовані на території країн ЄС та України. Будівлі є ключовим джерелом викидів парникових газів, на який припадає 35% викидів від використаної в країнах ЄС енергії (на кінець 2021 року). Ці викиди частково є результатом прямого використання викопного палива в будівлях (зокрема, як палива, що використовуються для функціонування опалювальних систем або побутових приладів, що використовуються для приготування їжі), а частково – непрямі – утворювані від виробництва електроенергії та тепла, застосовуваного у будинках для роботи водонагрівачів, електричних пристроїв, охолодження та освітлення приміщень тощо).

На рис. 4 відображені сумарні зміни емісії ПГ, починаючи від 2005 року, для країн-членів ЄС із врахуванням прямих і непрямих викидів. Оцінки на 2022 рік вказують на незначне зменшення викидів від використання викопного палива

в будівлях порівняно з 2021 роком, знову ж таки через теплішу зиму, активні кампанії зі скорочення попиту та високі ціни на енергоносії.

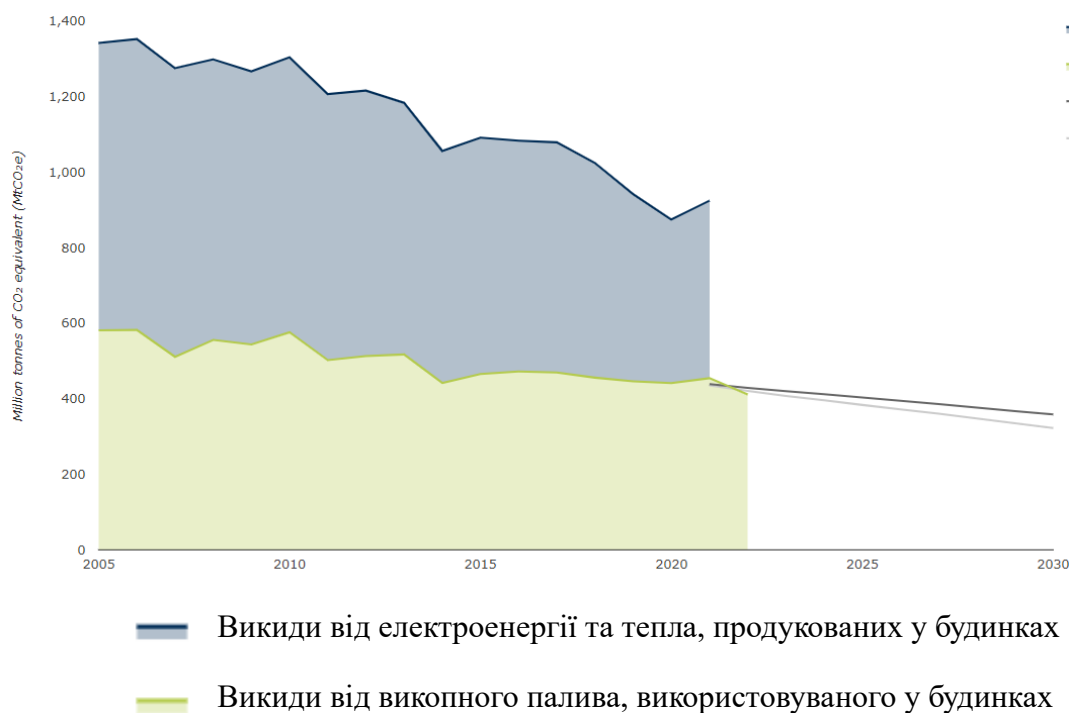


Рис. 4. Зафіксовані та очікувані викиди парникових газів від використання викопного палива в будівлях («прямі викиди») – жовтий сектор та викиди від виробництва тепла та електроенергії «непрямі викиди») – синьо-сірий сектор від 2005 року [12]

Існуючі та старі будівлі необхідно модернізувати для підвищення енергоефективності шляхом поліпшення ізоляції, герметизації щілин, переходу на електрифіковані системи опалення та охолодження з тепловими насосами, що працюють на відновлюваних джерелах енергії, встановлення світлодіодів, впровадження інтелектуальних систем управління енергоспоживанням та створення стимулів для енергоефективних приладів та електричних плит. Для стимулювання цих змін необхідні національні стандарти енергоефективності для будівель, опалювального та охолоджувального обладнання та побутових приладів [13].

У цій роботі увага якраз зосереджена на проблемі експлуатації старого житлового фонду з найбільшими викидами ПГ, скорочення яких можна

досягнути через термомодернізацію. Вона включає комплекс заходів, найбільш ефективними є такі:

- Використання низьковуглецевих матеріалів і технологій при проведенні теплоізоляції, термомодернізації та інших процедурах термооблаштування будинку
- Впровадження відновлюваних джерел енергії для підвищення енергонезалежності будівель (одними з найбільш екологічних та економічно вигідних рішень є встановлення фотоелектричних панелей та вітрових турбін для виробництва електроенергії на місці [14], часто використовується заміна електричних водонагрівачів на сонячні.
- Цифровізація будівель за допомогою інформаційно-комунікаційних технологій – управління енергією будівлі для перерозподілу та скидання навантаження, виявлення та діагностики неполадок та вчасній їх ліквідації, оптимізації роботи енергетичної системи, яка приводить до зниження викидів парникових газів.

### **1.3. Термомодернізація будівель: трактування визначення, типи та основні етапи проведення, економічні затрати та очікувані переваги**

Термомодернізація будівель – це комплекс заходів щодо покращення енергоефективності приміщень внаслідок їх утеплення і завдяки модернізації зовнішніх огорожувальних конструкцій та внутрішніх інженерних систем. Вона може здійснюватися для різних категорій будівель – багатоповерхових житлових будинків, офісних та навчальних будівель котеджів, невисоких приватних осель тощо.

Завдання термомодернізації будівель полягає не тільки в скороченні енерговитрат, але й облаштуванні сприятливого мікроклімату в приміщення завдяки забезпеченню оптимального рівня вологості і покращення якості повітря в ньому для створення комфортних умов проживання людей.

В залежності від проведених заходів щодо реконструкції будівель виділяють три типи термомодернізації будинку [15]:

- низька модернізація, яка полягає в заміні обладнання для подачі тепла;
- середня модернізація, пов'язана із заміною обладнання для подачі тепла та заміну вікон і дверей/чи теплоізоляцією фасаду;
- комплексна модернізація (повна або часткова заміна обладнання для подачі тепла, використання відновлюваних джерел енергії або застосування високоефективної когенерації, відмова від центрального опалення та проведення утеплення відповідно до чинних технічних та будівельних норм, заміна вікон і дверей).

Схема заходів, які проводяться для різних типів термомодернізації будівель представлена на рис. 5.

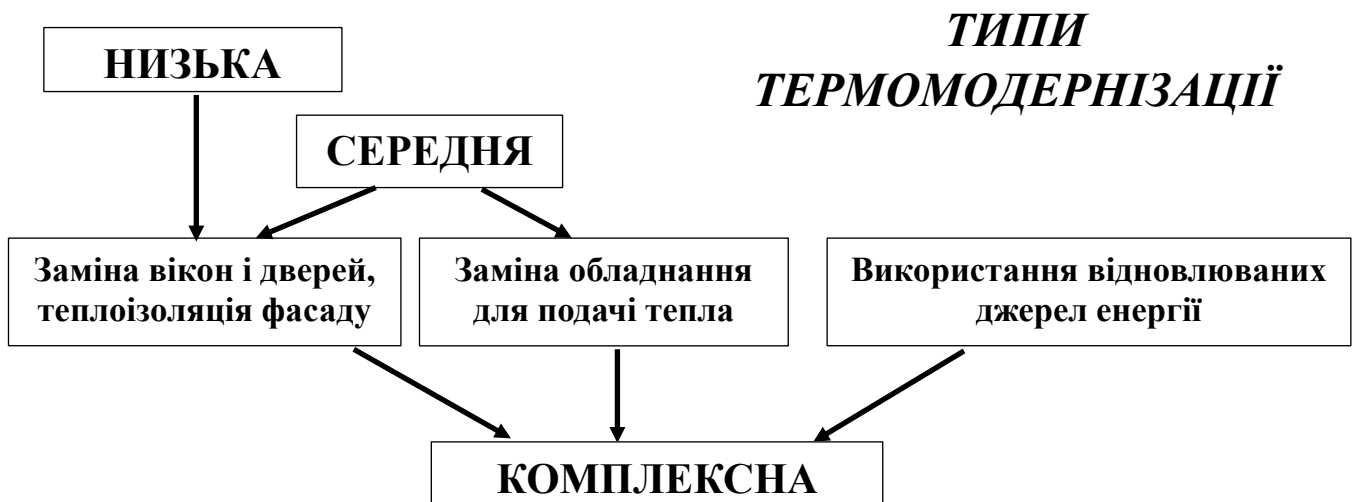


Рис. 5. Типи термомодернізації будівель та заходів, які для цього проводяться

Проведення кожного з етапів вимагає затрати різного обсягу матеріалів, часу, коштів. Останнє є дуже важливим, адже від кількості вкладених інвестицій залежить інтенсивність та глибина проведених щодо термореконструкції заходів. Так, показано, що для нежитлових будівель на 1 м<sup>2</sup> корисної опалювальної площі склали 40 євро для низької термомодернізації, до 80 євро для середньої модернізації і до 170 євро для комплексної модернізації [16]. У таблиці 3 наведено перелік заходів, необхідних для проведення певного типу

термомодернізації, а також фінансові витрати, розраховані для реалізації цього процесу.

Таблиця 3. Етапи термомодернізації будівель та орієнтовна вартість робіт з цього процесу [16]

Етапи термомодернізації в будівництві	Заходи щодо досягнення певного ступеня реновації	Річні кошти на термомодернізацію у відповідності з корисною опалювальною площею на м <sup>2</sup>	
		Житлові будівлі	Нежитлові будівлі
Легка термомодернізація	Модернізація чи заміна джерела тепла	40 €	40 €
Середня термомодернізація	Модернізація чи заміна джерела тепла разом із заміною вікон і дверей або термоізоляцією фасаду	75 €	80 €
Комплексна (глибока) термомодернізація	Тотальна чи часткова заміна джерела енергії, використання відновної енергії чи використання високоефективних когенераційних установок, Заміна центрального опалення на індивідуальне з проведенням термоізоляції будівлі Заміна вікон і дверей Заміна зовнішніх огорожувальних конструкцій Відновлення балконів	125 €	170 €

Комплексна термомодернізація, яка передбачає проведення багатоетапної термореконструкції будівель, визначається як глибока термомодернізація, або модернізація до енергоспоживання, близького до нульового рівня чи модернізація по пасивному плану [15]. Саме глибока термомодернізація може призвести до зменшення видатків на опалення, вентиляцію та приготування гарячої води на 70%. Український варіант Довгострокової Стратегії термомодернізації будівель до 2050 року визначає останню як «термомодернізацію будівлі, наслідком якої є зменшення питомого споживання

первинної енергії в будівлі більше ніж у три рази чи перетворення її у будівлю з близьким до нульового рівнем споживання енергії, або в будівлю з нульовим рівнем викидів парникових газів» [17].

Процес термомодернізації складається з таких обов'язкових етапів:

- Здійснення енергетичного аудиту, який полягає в аналізі споруди щодо її теплотехнічних характеристик та проведення теплотехнічних розрахунків
- Розроблення проєкту термомодернізації
- Проведення будівельно-монтажних робіт, які, як правило, включають комплекс енергоефективних заходів щодо утеплення самої будівлі (зовнішніх стін, даху і перекриттів, заміну віконних і балконних систем), так і внутрішніх робіт, пов'язаних з модернізацією системи опалення (заміна теплових енергоустановок, облаштування паро- і гідроізоляції, поліпшення інженерних систем разом з утепленням трубопроводів, встановлення терморегулюючих приладів на системах опалення) [18, 19].

Узагальнена послідовність етапів проведення термомодернізації будівель наведена на рис. 6.



Рис. 6. Послідовність етапів проведення термомодернізації будівель

За розрахунками внаслідок реалізації різних етапів термомодернізації можна досягнути такої енергоефективності:

- Утеплення стін, даху та перекриттів – 20-45%;
- Встановлення сучасних віконних систем – 25-47%;

- Модернізація теплового пункту 10-30%
- Проведення робіт по заміні внутрішньобудинкових конструкцій, про які згадувалось вище – 0-25%/

Відсотковий ефект щодо досягнення енергоефективності, якого можна досягнути на різних етапах проведення термомодернізації наведений на рис. 7.



Рис. 7. Можливе запобігання енерговтратам після проведення певних етапів термомодернізації будівлі

Проведення саме комплексу робіт дозволяє досягти значного зменшення витрат на опалення та гарячу воду на 70%, тоді як тільки утеплення будівлі такого ефекту не дає, а іноді може призвести до зростання енергоспоживання [20]. Для ще більшої економії коштів варто також осучаснити систему електроспоживання та встановити багатофазний лічильник.

Варто зазначити, що розроблення уніфікованого плану термомодернізації є нереальним, адже кожен будинок має свої особливості планування, інженерні конструкції, використані будівельні матеріали, строки експлуатації. Відповідно, відштовхуючись від загальних етапів процесу термомодернізації, треба враховувати індивідуальні особливості кожної будівлі.

*Етапи проведення термомодернізації щодо заміни внутрішніх інженерних конструкцій [21].*

Модернізація системи опалення складається із таких етапів:

1. Балансування системи опалення призводить до розв'язання проблеми нерівномірного розподілу тепла в стояках (перегрівання стояків, що розміщені близько до джерела тепла, та недогрівання стояків, розташованих далі).
2. Встановлення радіаторних терморегуляторів завдяки яким можна встановити відповідну температуру в окремій кімнаті.

Якщо розглянути бюджет повної термомодернізації багатоквартирного будинку, то вартість витрат на проведення окремих заходів розподіляється приблизно так:

- 36% припадає на заміну вікон, модернізацію теплового пункту і балансування стояків, а також установка терморегуляторів на радіатори (розподіл рівномірний для кожного з перерахованих позицій, тобто по 12%);
- 64% — заходи з утеплення будівлі.

#### **1.4. Законодавчі ініціативи щодо декарбонізації будівель в країнах Європейського Союзу та Україні**

Через швидкі кліматичні зміни та зростання рівня глобального потепління, насамперед зумовленого викидами парникових газів, людству варто пришвидшити впровадження заходів щодо подальшого запобігання посиленню таких змін. Вище зазначалось, що будівельний сектор є одним з найбільших джерел викидів парникових газів у світі, зокрема й у країнах ЄС. Тому боротьба з викидами парникових газів від будівель є ключовим пріоритетом їхньої кліматичної політики ЄС. На сучасному етапі стратегічні документи розвитку країн-членів Європейського Союзу спрямовані на розвиток зеленої економіки, яка орієнтована на посилення заходів енергоефективності та енергонезалежності, декарбонізацію різних сфер економіки, зниження антропогенного впливу на компоненти навколишнього середовища. Інтенсифікація впровадження таких ініціатив спричинена швидким вичерпання природних енергоресурсів та збільшенням їхньої вартості, значним рівнем забруднення довкілля внаслідок

спалювання викопних енергоресурсів, загрозливими кліматичними змінами, пов'язаними з потеплінням, викликаних викидами в атмосферне повітря великої кількості парникових газів.

Країни ЄС взяли на себе зобов'язання щодо скорочення викидів парникових газів до мінімальних показників і формування економіки нульового рівня. Це водночас дає змогу не тільки протидіяти небезпечним змінам клімату, але й дає можливість здобуття енергонезалежності для держав. Країнами ЄС продукується трохи більше 7% світових викидів парникових газів, тому без участі інших держав провадити ефективну політику щодо кліматозбереження є нереальними. В даному випадку заходи країн ЄС могли б стати рушійною силою та успішним прикладом необхідності впровадження заходів для можливості досягнення кліматичної нейтральності на всій планеті. Зниження індексу глобального потепління може бути новим критерієм оптимізації для заохочення впровадження заходів щодо енергоефективності та декарбонізації, зокрема й у будівельній сфері. Вони мають зачіпати не лише термомодернізацію житлового сектору, але й матеріали, що використовуються в конструкціях та обладнання, адже вироблена продукція повинна характеризуватись низьким вуглецевим слідом [22].

Стратегії країн ЄС щодо зниження рівня викидів парникових газів орієнтовані на різні терміни:

- Короткострокова перспектива – до 2030 року досягти скорочення викидів парникових газів (на 55% нижче рівня 1990 року) і замінити 32% викопного палива на відновлювальне,
- Довгострокова перспектива – до 2050 року досягти кліматичної нейтральності

Для реалізації цих амбітних завдань втілюється цілий ряд ініціатив. Європейський зелений курс (European Green Deal), ініціатива «Хвиля реновації» (Renovation Wave) та план відновлення ЄС (REPowerEU) [23, 24]. Всі ці програми роблять сильний акцент на скороченні викидів парникових газів та досягненні

мінімального енергоспоживання в будівлях, насамперед це стосується будівель старого житлового фонду.

*План REPowerEU*, опублікований Європейською комісією в травні 2022 року, має на меті покласти край залежності ЄС від російського викопного палива, яка особливо загострилась через російську агресію щодо України. Серед шляхів подолання кліматичної кризи розглядається додаткова економія енергії та підвищення енергоефективності в будівлях. Останнє детально прописано у Директиві про енергетичні характеристики будівель. Цією Директивою запроваджується також Європейська ініціатива сонячних дахів, яка юридично закріплює обов'язкове зобов'язання ЄС щодо встановлення сонячних дахів на певних категоріях будівель [25]. Варто зазначити, що вимоги Директиви про енергетичні характеристики будівель (Energy Performance of Buildings Directive – EPBD), що відносяться до декарбонізації будівельного сектору можуть бути досягнуті через спорудження будинків з нульовим енергоспоживанням та нульовим рівнем викидів і термомодернізацією наявного житлового фонду [26, 27]. Остання має включати комплексну реконструкцію, що стосується як зовнішніх конструкцій будинку, так і внутрішньої інфраструктури [28-34]. Стосовно останньої, то вона повинна не тільки розглядатись з точки зору оптимального комфорту мешканців, але й прагнути бути замкненою, щоб відповідати ідеї зеленої декарбонізованої економіки [35, 36].

Відповідно до цієї Директиви нові будинки з 2026 року, нові будинки, що будуються з 2028 року і будівлі, що капітально модернізуються з 2032 року, а до 2050 року всі будинки мають бути позиціоновані як будинки з нульовими викидами. Винятками з цього правила є будівлі, що відносяться до об'єктів культурної спадщини [37]. Також цією Директивою рекомендовано за технічної та економічно доцільності обладнання всіх нових громадських нежитлових будівель сонячними установками до 2027 року, а до 2029 року і 2033 року всіх нових житлових чи реконструйованих будівель відповідно. Відповідно до цього документа передбачене поступове виведення з експлуатації до 2040 року та

подальша заборона використання у нових та капітально модернізованих будівлях систем опалення, що працюють на викопному паливі.

Згідно до Директиви проводиться уніфікування системи енергетичних класів від А до G. До 2027 року всі нежитлові будинки мають відповідати вимогам до будівель класу E та класу D до 2030 року. Для житлових будівель така відповідність має бути досягнута як клас E до 2030 року та клас D до 2033 року. Така реновація будинків повинна супроводжуватись розвитком енергетичної системи з низьким рівнем викидів парникових газів, що вказує на важливу роль будівельної сфери щодо мінімізації енергоспоживання та декарбонізації, що сприятливо позначиться на недопущенні подальших негативних кліматичних змін [38].

«Зелений курс» Європи (European Green Deal) – це така перебудова економіки країн ЄС, яка дозволить їм досягти кліматичної нейтральності до 2050 року. Її основними завданнями є скорочення викидів парникових газів на 40% і зростання частки відновних джерел енергії на 32% у порівнянні з 1990 роком. Реалізація цих завдань має бути здійснена у всіх секторах економіки, зокрема у сфері будівництва, де забезпечення енергетичних потреб та модернізація будівель має відбутися у енерго- та ресурсощадний спосіб. Цим курсом передбачається масштабна компанія модернізації будівель відповідно до якої діятиме план з визначеними фінансовими, регуляторними і допоміжними кроками, завдяки чому планується подвоєння щорічних темпів термомодернізації. Здійснення цього плану дозволить термореконструювати 35 мільйонів будинків до 2030 року. Для досягнення скорочення викидів парникових газів на 55% до 2030 року кінцеве споживання енергії повинно скоротитись на 14%, а енергії, що витрачається на опалення та охолодження на 18% [39, 40]. Законодавчі документи, якими закріплено ініціативи щодо скорочення викидів парникових до 55%, зростання частки відновних джерел енергії до 40%, що мають бути досягнуті до 2030 року, узагальнені як стратегія, що отримала назву "Готовність до 55", була імплементована країнами-членами ЄС у жовтні 2023 року.

У відповідь на російську агресію щодо України і для скорочення/відмови від російського викопного палива було розроблено план план REPowerEU. Ним визначається два основні завдання для зміни енергетичної системи Європи: припинення залежності європейських країн від російського викопного палива та розв'язання кліматичних проблем. Заходи, викладені у плані REPowerEU, декларують, що енергетичну залежність можна подолати через диверсифікацію джерел енергопостачання та пришвидшення використання відновних джерел енергії [41].

Таким чином, пріоритетність політики енергоефективності та темпи її впровадження сприяє країнам ЄС у досягненні повної декарбонізації будівель до 2050 року та отриманні їх як будівель з нульовим рівнем викидів парникових газів.

В Україні основним документом, визначальними щодо скорочення викидів парникових газів від будівель та проведення щодо них термомодернізації, є Довгострокова стратегія термомодернізації будівель на період до 2050 року. У «Стратегії термомодернізації будівель України до 2050 року» представлено поетапність поступової модернізації житлового фонду України за допомогою енергоощадних технологій, яка дасть змогу зробити ефективні кроки щодо декарбонізації житлового-комунального сектору [17].

Терміни реалізації стратегії розраховані на три етапи:

- Перший етап розрахований на 2024-2030 роки і включає повне відновлення та розгортання масштабної термомодернізації;
- Другий етап, який має бути проведений впродовж 2031-2040 років, передбачає впровадження технологій, спрямованих на отримання енергетичної незалежності державою.
- Третій етап стосується 2041-2050 років і пов'язаний з декарбонізацією національного фонду будівель.

Цією стратегією передбачаються різні сценарії щодо темпів термомодернізації, основними є «базовий» та «амбітний». У базовому рівні прогнозований незначний рівень охоплення будівель термомодернізацією (до

2030 року приблизно 17% площ будівель), за амбітного сценарію – приблизно 35-40% площ фонду будівель. В останньому випадку темпи термомодернізації відповідають таким, що подаються європейськими директивами. Відповідно до даних, викладених у Стратегії, на 2050 рік будівлі різних категорій позиціонуватимуться як будівлі з нульовим рівнем викидів парникових газів. Серед документів цього напрямку варто також згадати про перший Національний план збільшення кількості будівель з близьким до нульового рівнем споживання енергії, аналогічний європейському про zero-emission buildings). Довготермінова стратегія, розрахована до 2050 року, підкріплена також Державною цільовою економічною програмою підтримки термомодернізації будівель до 2030 року, яка діє як система фінансового підтримання [42]. До повномасштабної війни реалізація першого етапу Стратегії здійснювалась насамперед завдяки Фонду енергоефективності, який надавав грантові кошти для виконання заходів щодо термомодернізації житлових будинків. Акумуляція коштів від податку на викиди основного парникового газу діоксиду вуглецю (CO<sub>2</sub>) здійснюється також і через Фонд декарбонізації. Станом на 2024 рік від цього податку зібрано коштів в діапазоні 0,8-1,5 млрд грн. Накопичення значно більшої суми буде можливим завдяки приведенню податку на CO<sub>2</sub> до середньоєвропейських норм (наразі він складає приблизно 76\$ за тонну, тоді як в Україні він є меншим за 1\$ за тонну [43, 44].

Заходи щодо термомодернізації існуючих будівель дозволять досягти нульових викидів вуглецю при експлуатації. Усі нові будівлі мають проєктуватись і будуватись так, щоб їхня інфраструктура та термомодернізація яких була максимально близькою до нетто-нуля, тобто необхідно враховувати всі викиди повного циклу – від виробництва матеріалів до їх експлуатації, переробки і утилізації». Пропозиції, викладені у Проекті 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» декларують проведення термомодернізації мільйонів приватних будівель до 2030 року (приблизно 3 мільйонів). Досягнення

такої мети вимагатиме значного грошового наповнення для подальшої реалізації програми «теплих кредитів» або створення нової програми підтримки, де моніторинг і верифікація робіт та проєктів, відіграватиме ключову роль. Також вищезгаданою Стратегією передбачається широкі можливості щодо долучення до державної програми підтримки термомодернізації житлових будівель не тільки ОСББ, а й багатоквартирних будинків (без ОСББ) та приватних житлових будинків.

## **РОЗДІЛ 2. ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЯ СТАРИХ БУДІВЕЛЬ ЯК ОДИН ІЗ СПОСОБІВ СКОРОЧЕННЯ ВИКИДІВ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ**

Для запобігання несприятливим кліматичним змінам країни Європейського Союзу запроваджують міри щодо енергетичної перебудови економіки для досягнення нульових викидів парникових газів до 2050 року насамперед для найбільш енергоспоживаючих галузей, таких як промисловість, енергетичний сектор і транспорт. Зменшення викидів у країнах ЄС та Великій Британії становило 34,4% порівняно з базовим 1988 роком, а відсоток країн ЄС у світових викидах парникових газів скоротився з 15,2% до 7,3% [39].

Відновлення економіки у 2021 році після пандемії коронавірусу, підвищення цін на природний газ та збільшення використання частки вугілля для задоволення енергетичних потреб призвело до збільшення викидів парникових газів у 6%. Це однак не призвело до перевищення цих показників порівняно з 2019 роком і за даними Міжнародної Енергетичної Асоціації він зберігся на рівня 0,9%. При цьому для основних секторів економіки, за виключенням будівель, викиди були нижчими за ті, які спостерігались у 2019 році, тобто зберіглася тенденція до довготривалого їхнього скорочення [12, 35].

Для будівельного сектору скорочення викидів насамперед може бути досягнуто підвищення енергоефективності будівель завдяки заходам термомодернізації [25, 45-49]. Проблем щодо ефективного впровадження заходів термомодернізації є чимало. Одна з них стосується відсутності повної бази даних про технічний стан, вік та енергоефективність різних категорій будівель, насамперед тих, що відносяться до старого житлового фонду. Для старих будинків не запроваджувались у свій час заходи енергоефективності, такі як теплозахист; вони мають енергетичні характеристик, далекі від сучасних стандартів. Окремі складнощі стосуються впровадження принципів нульових викидів, які тісно пов'язані зі значним наразі використанням викопних палив і недостатньо швидким та ефективним впровадженням відновних видів енергопостачання.

Оцінювання потенціалу термозбереження внаслідок термомодернізації, стану будівельних ресурсів відносно їхньої кліматичної нейтральності у різних країнах – актуальні завдання, які можуть сприяти вирівнюванню кліматичних змін та стабілізувати ефект глобального потепління. Варто паралельно проводити оцінювання економічного ефекту від впровадження такої енергетичної політики.

## **2.1. Аналіз житлового сектору в країнах Європейського Союзу та темпи його поточної термомодернізації**

На кінець 2021 року в країнах ЄС нараховувалось більше ніж 131 мільйон будівель, переважно житлових будинків. Значна частка таких будівель (42% нежитлових будівель і 38% житлових будинків) в країнах ЄС була побудована до 1979 року, тобто такі будівлі мають низький рівень теплозахисту або він відсутній взагалі.

Будівлі в країнах ЄС є доволі енергоємними об'єктами, адже їхнє опалення та охолодження використовує до 48% кінцевого споживання енергії та 35% всього використовуваного газу. При цьому на них припадає 36% викидів парникових газів [50].

Прогнозовані рівні викидів парникових газів, продукованих при спалюванні викопних типів палива, сильно відрізняються в різних країнах-членах ЄС. На гістограмі, наведеній на рис. 8, відображені зміни викидів парникових газів, що вивільняються в процесі використання енергії на обігрів будівель у різних країн ЄС. До країн, в яких ці темпи скорочення викидів мінімальні (від 1% до 10%) впродовж 2005-2021 відносяться Литва, Люксембург, Мальта та Румунія. В інших країнах-членах ЄС викиди скоротилися, причому Данія, Греція, Словенія та Швеція вказують на найбільше скорочення (від 54% до 64%).

Національні прогнози щодо викидів парникових газів від будівель прогнозують подальше скорочення викидів до 2030 року порівняно з 2005 роком в усіх країнах-членах ЄС, окрім двох. Для Мальти зростання викидів пов'язується зі збільшення застосування електроенергії для охолодження повітря, для Румунії – зі зростанням доходів населення. Очікуються, що

додаткові заходи у восьми країнах (Данія, Фінляндія, Німеччина, Греція, Ірландія, Португалія, Словенія, Фінляндія та Швеція) призведуть до скорочення викидів від будівель на 55% або більше в період з 2005 по 2030 рік.

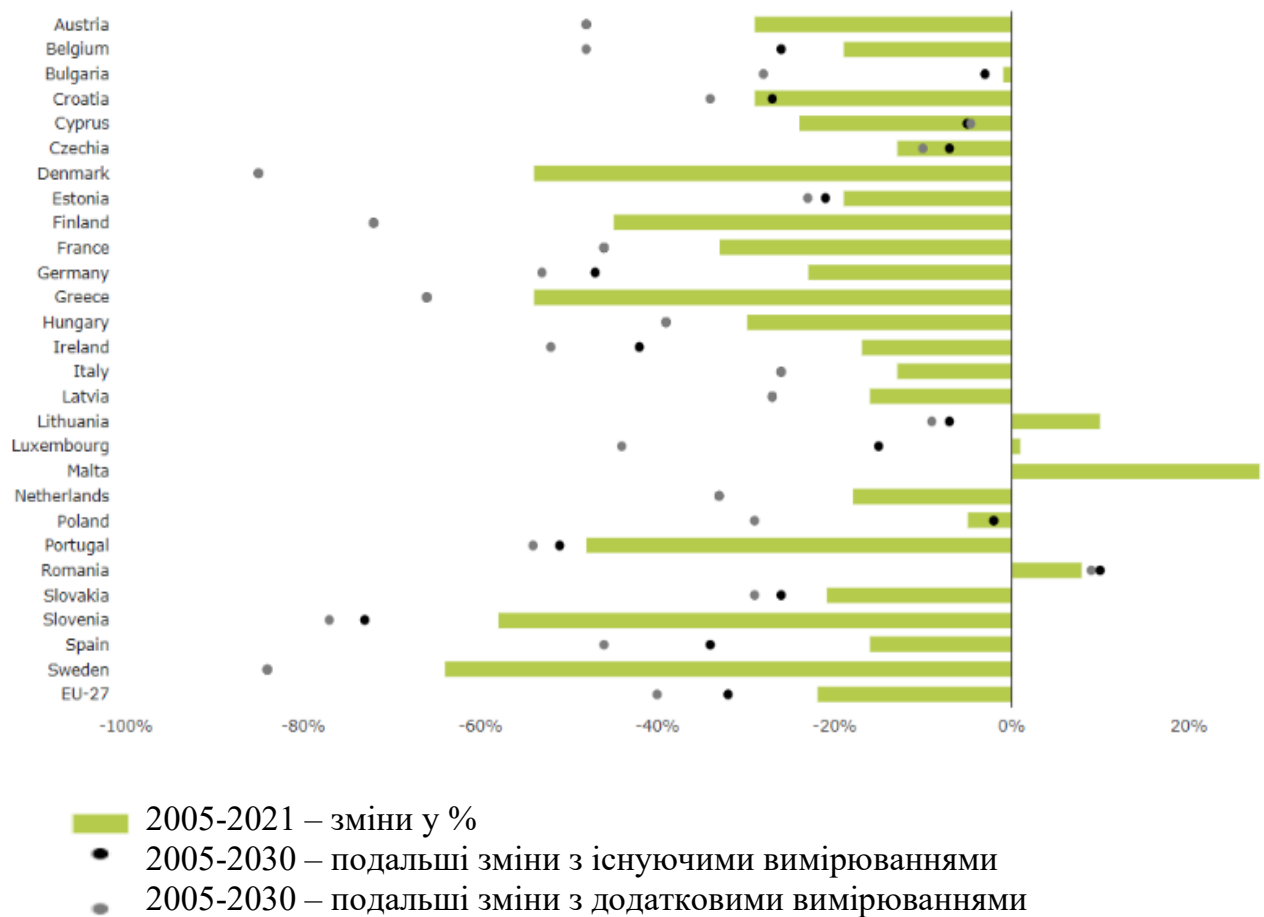


Рис. 8. Викиди парникових газів від використання енергії в будівлях в Європі [12]

Загалом викиди парникових газів від будівель в ЄС скоротилися на 31% у період з 2005 по 2021 рік. Цей прогрес викликаний строгішими вимогами до зменшення викидів, викладених у стандартах енергоефективності, що розробляються для нових будівель, підвищенням енергоефективності в існуючих будівлях, декарбонізацією секторів електроенергетики та опалення. Відновлення економіки з 2021 року, коли завершилась пандемія Covid-19, призвів до уповільнення темпів декарбонізації, причому прогнозується, що ця тенденція збережеться надалі й це може істотно вплинути на можливості досягнення цілей ЄС щодо викидів на 2030 рік. [12].

У довгостроковій перспективі прогнози країн-членів ЄС свідчать про те, що тенденція до скорочення викидів від будівель збережеться. Однак прогнозоване зниження буде недостатнім для досягнення загальної мети скорочення викидів парникових газів до 2030 року на 55% порівняно з рівнем 1990 року. Це вимагатиме скорочення викидів у секторі будівель на 60% порівняно з рівнем 2015 року, як це передбачено хвилею реновації в ЄС. Щоб досягти цього, хвиля реновації має на меті щонайменше подвоїти щорічний темп енергетичної реновації (який наразі становить 1%) житлових і нежитлових будівель до 2030 року та сприяти глибокій енергетичній реновації для скорочення енергоспоживання будівель. Удосконалення будівель, такі як краща ізоляція та декарбонізовані системи опалення та охолодження, можуть допомогти скоротити викиди від використання викопного палива. Хоча часто такі системи опалення, як теплові насоси, є альтернативою з меншим рівнем викидів, вони збільшують споживання електроенергії в будівлі. Якщо цей попит на електроенергію не буде задоволений за рахунок виробництва відновлюваної або декарбонізованої енергії, це може призвести до секторального зсуву викидів від будівель до сектору електроенергетики.

Встановлено, що поточні темпи модернізації будівель на рівні 0,4-1,2% на рік є недостатніми для досягнення цілей ЄС у 2050 році, тому у 2021 році поставила за мету збільшити темпи щонайменше до 3%. На сьогодні показано, що скорочення викидів парникових газів може бути досягнуте завдяки високим темпам термомодернізації (не менше 4% на рік) та використанням відновної енергії. У тих країнах ЄС, де частка такого модернізованого житла вже є значною, такий темп проведення термомодернізації може бути нижчим [22].

Зростаючі темпи термомодернізації можуть бути забезпечені тільки чітко прийнятими документами, у яких буде вказано обов'язкові для виконання заходи та визначені фінансові інструменти, які б дали запевнення для виробників, що працюють у будівельній сфері, у необхідності збільшення виробничих потужностей. Потрібно чітко зафіксувати цільовий показник рівня термомодернізації на європейському та національному рівнях, вимагаючи

звітування щодо досягнення прогресу, викладеного у звітах країн ЄС щодо захисту клімату та скорочення викидів парникових газів [51].

Відповідно до пропонованого Єврокомісією мінімального стандарту енергоефективності будівель до 2033 року обов'язкову термомодернізацію треба провести для трьох найнижчих категорій будівель. Це дасть змогу термомодернізувати приблизно 15% будівельного фонду до 2033 року, що є нижчим за рівень термомодернізації, пропонований Європарламенту (орієнтовно 25%) [52]. Відповідно щорічна термореконструкція становитиме 1,5%, що є нижчим за необхідний рівень у 4%. Це означатиме мінімальне покращення термомодернізованих будівель до тої міри, що вони будуть виключені з найгірших рівнів енергоспоживання, але цього буде недостатньо, щоб досягнути нульових викидів. Тому необхідною є підтримання тих заходів, які в підсумку приведуть до комплексної енергетичної термомодернізації.

Необхідні кроки для залучення інвестицій для термомодернізації у будівельну галузь та пов'язані із нею сектори економіки. До них відносяться насамперед:

- Законодавчо прийняті зобов'язання щодо обов'язкової термомодернізації (у керівних документах ЄС до 2030 року та національних законодавствах щодо захисту клімату).
- Пріоритетна термомодернізація найбільш неефективних житлових будівель за мінімальними стандартами енергоефективності (MEPS). Це має гарантувати захист домогосподарствам з низькими доходами, та сприяти максимальній економії енергоресурсів та мінімізації викидів парникових газів.

Інвестиції в енергоефективність допомагають стимулювати економіку, зокрема й будівельну галузь, яка дає орієнтовно 9,6% доданої вартості в ЄС та забезпечує роботою майже 25 мільйонів людей. Особливо проведення заходів щодо термомодернізації вигідне малим та середнім підприємствам, адже вони формують 99% будівельних компаній у країнах ЄС та 90% робочих місць у цьому секторі.

## **2.2. Аналіз старого фонду будівель в Україні та потенціал його термомодернізації**

В Україні впровадження стратегії декарбонізації та термомодернізації житлово-комунальної сфери – один з компонентів забезпечення енергоефективності та важливий крок у здобутті енергетичної незалежності держави. Будинки різних категорій споживають майже третину кінцевої енергії (на 2019 рік – приблизно 9% від ВВП України), що використовується в державі, з них 50-60% припадає на теплову енергію. При цьому вони є в 1,5-3 рази більш енерговитратними порівняно з аналогічним типом житла (країни Балтії, Польща, східна частина Німеччини). Орієнтовні грошові втрати у цьому секторі досягають 6 млрд доларів.

Масштабна термомодернізація будівель може стати дієвим інструментом для подолання економічних викликів та рушієм для зростання економіки України

Глибока термомодернізація дозволить:

- Зменшити втрати теплової енергії та використання природних ресурсів на її отримання приблизно в 2-3 рази;
- Зменшити витрати на опалення та гаряче водопостачання різним групам населення;
- Продовжити термін експлуатації модернізованих будівель та поліпшити їхній технічний стан.

При цьому вона дозволить стимулювати вітчизняний бізнес у сфері будівництва та розроблення енергоефективних матеріалів і збільшити кількість працівників, залучених до проведення таких робіт.

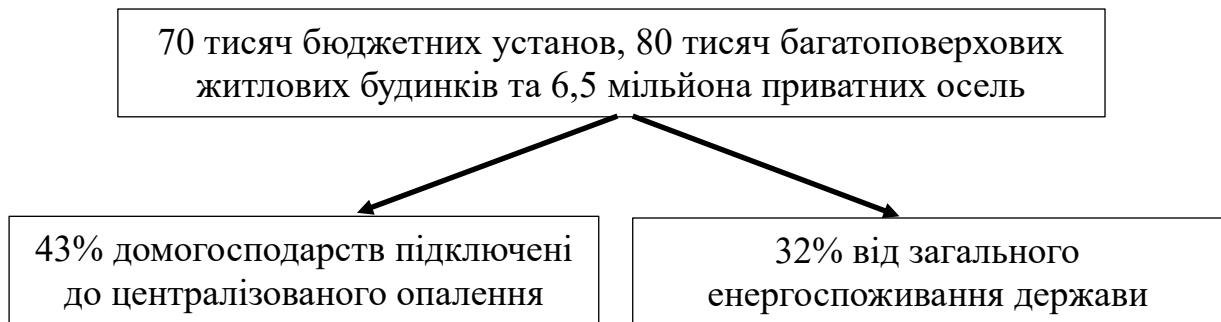
Проведення процесу широкомасштабної модернізації будівель починається із оцінювання кількості будинків, які цього потребують. Було створено додаток, у якому зібрані зведені дані про житлові і нежитлові будівлі. Масив даних щодо житлових будівель є більш інформативним, адже містить кількісний розподіл будівель за категоріями, а також за географічними ознаками і часом спорудження будівель. Для будівель нежитлового сектору такої деталізованої інформації наразі немає.

Підраховано, що до повномасштабного вторгнення мінімальна цифра житлового фонду оцінювалась у приблизно 70 тисяч бюджетних установ, 80 тисяч багатоповерхових житлових будинків та 6,5 мільйона приватних осель. Ці будівлі вимагають термомодернізації, для проведення якої необхідним є інвестування орієнтовно 8-13 млрд доларів для бюджетних установ, а для всього житлового сектору потрібно інвестицій на приблизно 50 мільярдів доларів. Велика частина існуючого житлового фонду побудована ще до 1990 року відповідно до старих будівельних норм. Серед таких будівель тільки незначний відсоток зазнав капітального ремонту. Внаслідок цього енерговтрати оцінюються в 1/3 всієї енергії (приблизно 32%), що споживає держава. Ця цифра є вдвічі більшою, ніж у країнах ЄС, де вона складає приблизно 16% [43]. Приблизно 43% українських домогосподарств під'єднані до централізованого теплопостачання, яке характеризується значними втратами енергії через аварійні витоки, має надлишкову потужність і недостатнє обслуговування. Вирішення проблем у цій частині енергетичного сектору (модернізація існуючих мереж, переведення на індивідуальне опалення, використання запуску в системи альтернативних палив тощо) може допомогти зекономити до 40% енергії.

Свій відбиток на стан фонду будівель в Україні наклала повномасштабна війна. На лютий 2023 року зафіксовано пошкодження або руйнування більше ніж 1,5 млн. домогосподарств. З них приблизно третина (499056 домогосподарств) – зруйновані, дві третини – пошкоджені (787779 – частково пошкоджені, 285257 мають незначні пошкодження). Зрозуміло, що за більше ніж рік ці цифри змінилися, на жаль, в ще гіршу сторону. На той час фінансові збитки від таких руйнувань/пошкоджень склали більше 50 млрд доларів. Відповідно такий стан частини фонду будівель має вплив на базові статистичні показники будівель, що потребують термомодернізації [17]. На них також позначається і невизначеність щодо стану будівель, які розташовані на окупованих територіях або знаходяться поблизу зони бойових дій. Тому проблема щодо створення і опрацювання актуальної бази даних щодо стану будівель в країні у післявоєнний період буде однією з першочергових.

На рис. 9 наведено схему обсягу фонду будівель в Україні до повномасштабного вторгнення і поточна ситуація з наведеними цифрами руйнувань та пошкоджень.

### **ФОНД БУДІВЕЛЬ ДО ПОВНОМАСШТАБНОГО ВТОРГНЕННЯ**



### **РУЙНУВАННЯ ТА ПОШКОДЖЕННЯ БУДІВЕЛЬ ПІСЛЯ ПОВНОМАСШТАБНОГО ВТОРГНЕННЯ**

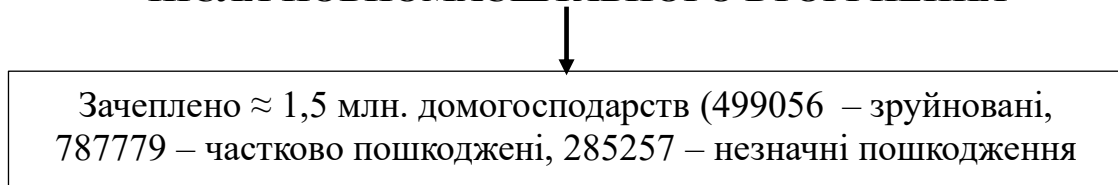


Рис. 9. Обсягу фонду будівель в Україні до повномасштабного вторгнення і поточна ситуація з наведеними цифрами руйнувань та пошкоджень.

Окрім оцінювання загальної кількості будівель, що вимагають термомодернізації, необхідним є їхній поділ на категорії, оскільки різні типи будівель характеризуються різним рівнем споживання енергії, різними енерговтратами і відповідно різними викидами ПГ від них. Поділ будинків на категорії можна проводити відповідно до віку будівлі, таким чином виділяють три категорії будинків – будинки, споруджені до 2002 року; будинки, побудовані у 2003-2015 роках; будинки, зведені після 2015 року. Також категоризацію можна проводити відносно типу будівлі – житловий фонд і нежитлова забудова. Для моделювання та екстраполяції даних, що мають розповсюджуватись на весь фонд будівель, обрано найбільш типові будівлі, що підпадають під термомодернізацію. Для будівель житлового фонду він такий: одноквартирні садибні будинки; двоповерхові багатоквартирні будинки з двома входами; п'ятиповерхові

багатоквартирні будинки з чотирма входами; кілька проєктних серій з 9-12 поверховими багатоквартирними будинками; шістнадцятиповерхові багатоквартирні будинки серії БПС з одним входом; проєктні серії з більш ніж 16 поверховими багатоквартирними будинками (серії ЄС, КТУ, АППС); п'ятиповерхові гуртожитки з одним входом [53]. Категорії нежитлових будівель розподілені так: будівлі закладів освіти (насамперед школи та дитячі садки); будівлі закладів охорони здоров'я та інші будівлі, що не відносяться до будівель промислового та сільськогосподарського призначення. Для всіх нежитлових будинків, побудованих до 2002 року було застосовано термін «будівля з найгіршими енергетичними показниками».

Поточні темпи термомодернізації будівель в Україні залишаються надзвичайно низькими (на рівні 0,1%) та суттєво відстають від аналогічних показників країн ЄС (близько 1%), проте потенціал термомодернізації та очікувані темпи економії енергоресурсів є значними. Орієнтовні розрахунки темпів термомодернізації будівель різних категорії за усередненого сценарію Довгострокової стратегії термомодернізації [53] наведені у таблиці 4, а оцінювання економічного потенціалу термомодернізації за різних темпів її впровадження на рік відображені у таблиці 5.

Таблиця 4. Частка термомодернізованих будівель (у %) на різні роки впровадження Довгострокової стратегії термомодернізації [53]

Тип будівель	2030	2040	2050
Житлові	23	47	68
Нежитлові	33	58	77

Як видно з даних, наведених у таблиці 4, пріоритет надається термомодернізації нежитлових приміщень, зокрема громадських, таких як заклади освіти, медицини, культури, адже неминучим є оновлення житлового сектору шляхом знесення фізично застарілого житла і побудови нового, тоді як для нежитлових будівель більш економічно вигідною є їхня реконструкція.

У таблиці 5 наведені дані, що охоплюють обсяги використаних матеріалів та площі замін конструкцій у будівлях, так і необхідність створених робочих місць із необхідною при цьому фінансовою інфраструктурою.

Таблиця 5. Потенціал термомодернізації в Україні за різних темпів її впровадження [53]

Показник	Одиниці виміру	Загальний потенціал	Річний потенціал за різних темпів термомодернізації		
			1%	3%	5%
Площа утеплених стін і дахів	млн м <sup>2</sup>	1320,9	13,2	39,6	66,0
Площа заміненних вікон і дверей	млн м <sup>2</sup>	257,4	2,6	7,7	12,9
Обсяг ринку обладнання і матеріалів	млн грн	131,3	1,31	3,94	6,56
Обсяг ринку послуг	млн грн	24,93	249	748	1246
Кількість робочих місць	тис. осіб	-	98,7	296,1	493,5
Чиста заробітна плата	млн грн	46804	468	1404	2340
Податки	млн грн	41,44	414	1243	2072
Економічний ефект	млрд грн	254,7	2,5	7,6	12,7

Проведена термомодернізація будівель позитивно позначатиметься і на скороченні викидів парникових газів, що наведено на графіку, поданому на рис. 10.

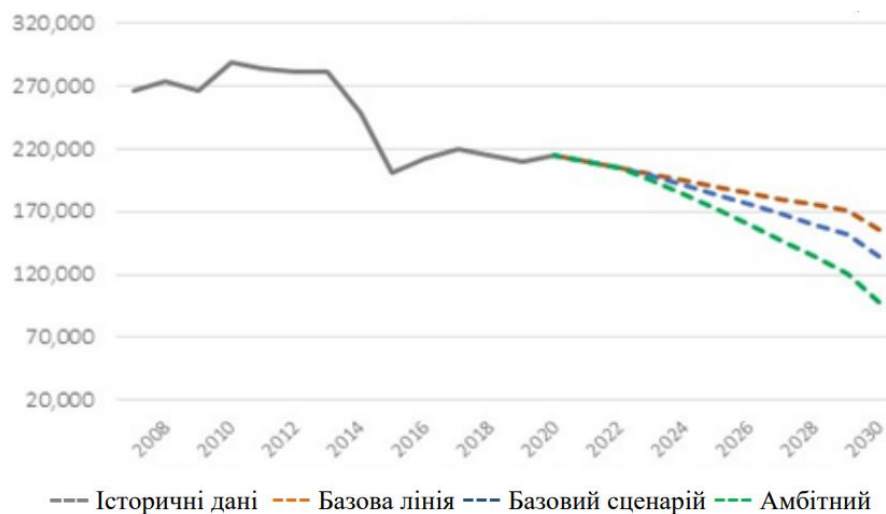


Рис. 10. Прогнозоване скорочення викидів парникових газів у житловому секторі на 2030 рік (із врахуванням різних сценаріїв)

У таблиці 6 наведені розрахунки прогнозованих рівнів скорочення ПГ при проведенні термомодернізації будівель за двома сценаріями.

Таблиця 6. Результати розрахунків очікуваного обсягу скорочення викидів CO<sub>2</sub>, у секторі будівель та централізованого теплопостачання та до 2030 року тис. тонн CO<sub>2</sub>/рік [54]

Сценарії	До 2030	До 2040	До 2050
Базовий	4534719	11579106	18623492
Амбітний	13089093	28768641	41791417

Терміни, викладені у Стратегії термомодернізації, розраховані до 2050 року, тобто на більш ніж 25 років. Вони мали б бути цілком реалістичними, виходячи з обсягів житла та аналогічності таких процесів у Східній Німеччині та Польщі, однак на темпи термомодернізації в Україні негативний відбиток накладає війна. Її тривалість наразі є визначальним чинником для прискорення термомодернізації та приросту інвестицій для термомодернізації у післявоєнний період.

### **РОЗДІЛ 3. ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЯ БУДІВЕЛЬ В КРАЇНАХ ЄС ТА УКРАЇНІ: ПРИКЛАДИ РЕАЛІЗОВАНИХ ПРОЄКТІВ ТА СКОРОЧЕННЯ ВИКИДІВ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ ВІД НИХ**

#### **3.1. Термомодернізація житла в Німеччині: аналіз житлового фонду та темпи проведення термомодернізації**

Темпи проведення щорічної термомодернізації у Німеччині досить низькі і складають менше 1% старого житлового фонду. Така ситуація насамперед пояснюється недостатніми інвестиціями у сферу енергоощадного будівництва та модернізації будівельних матеріалів. Прискорення термомодернізації має сприяти введення для будинків мінімальних стандартів енергоефективності (minimum energy performance standard – MEPS). Мінімальний стандарт енергоефективності (MEPS) – це специфікація, що містить низку вимог до продуктивності енергоспоживаючого пристрою, яка ефективно обмежує максимальну кількість енергії, що може бути спожита продуктом при виконанні певного завдання. Також обов'язковим стає цільовий показник щорічної термомодернізації будівель. Термомодернізація може стати потужним інструментом для захисту домогосподарств з низькими доходами і скоротити їх залежність від вартості цін на енергоносії [55].

Енергоефективність різних категорій будівель сильно коливається. Так, старий житловий фонд, у якому більшість будівель немає утеплення, характеризується застарілим інфраструктурним обладнанням, потребує понад 300 кіловат-годин (кВт-год) енергії на рік на 1 м<sup>2</sup> житлової площі і відноситься до будівель з класом енергоефективності H. У сучасних теплоізольованих будинках такі витрати становлять менше 50 кВт-год на рік на 1 м<sup>2</sup> житлової площі (клас енергоефективності A).

Як видно з даних, наведених на рис. 11, частка будівель, у яких енергоспоживання перевищує у більше ніж два рази (будівлі класів E-H) порівняно з енергоекономними будівлями класу A-B.

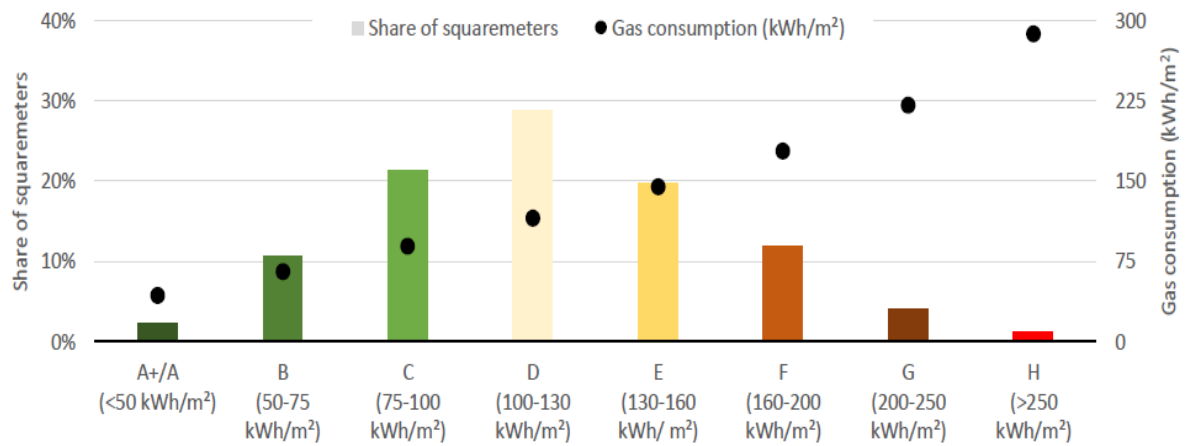


Рис. 11. Розподіл домогосподарств Німеччини щодо енергоспоживання по класах енергоефективності [55] (опалення будівель проводиться природним газом)

Відповідно власники таких домогосподарств витрачають більші кошти на оплату рахунків за опалення. Саме тому перевагу у проведенні термомодернізації варто надавати саме будівлям з найгіршою теплоізоляцією.

Пришвидшення енергетичної модернізації вимагає значних інвестиційних вкладень, наприклад у збільшення виробничих потужностей для виробників сучасного будівельного обладнання та теплоізоляційних матеріалів, вікон, дверей. На сьогодні воно є високе, однак недостатнє для задоволення всіх запитів і прискорення темпів термомодернізації. Зокрема, на рис. 12 продемонстровано темпи зростання виробничих потужностей німецьких виробників з 2019 по 2022 роки.

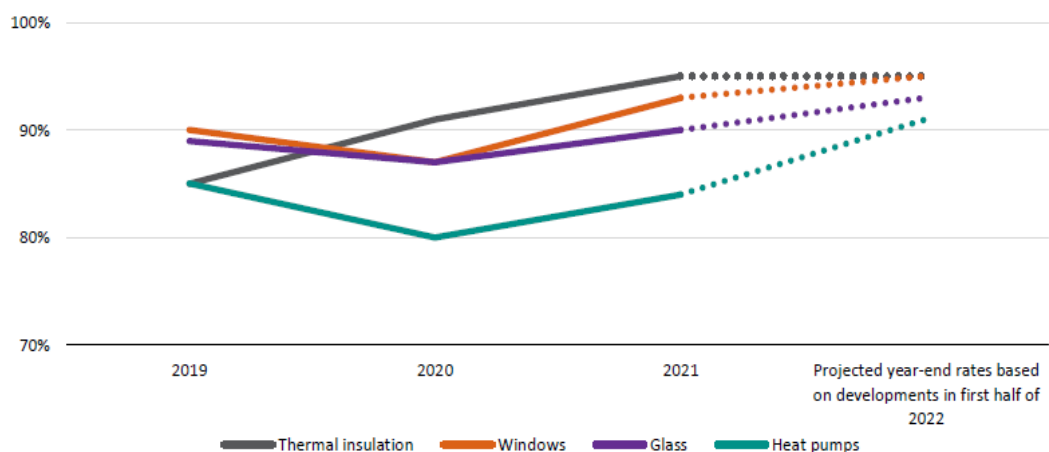
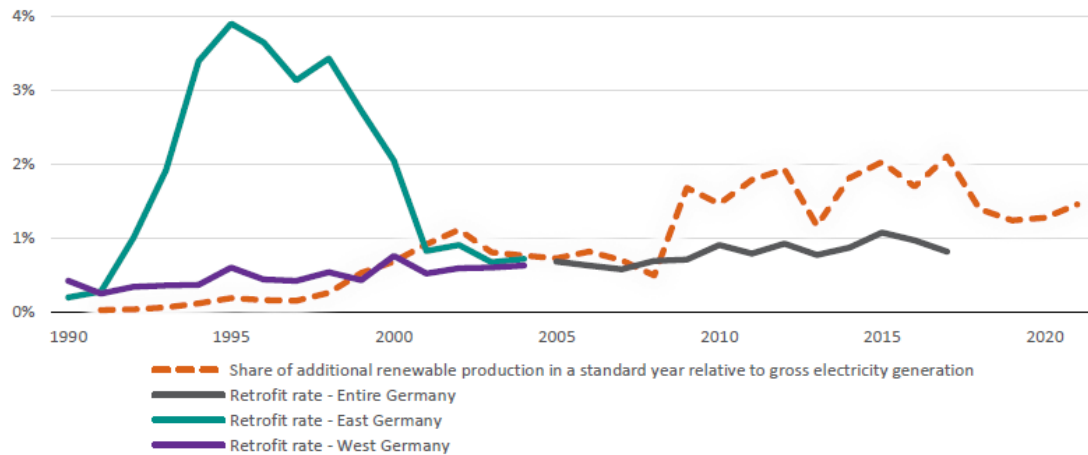


Рис. 12. Зростання темпів виробничої потужності (у %) для виготовлення теплоізоляційних матеріалів, вікон, теплових насосів, використовуваних для термомодернізації будівель, з 2019-2022 роки [55]

Недостатні інвестиції на даний час пояснюється невизначеним статусом фінансування програм щодо термомодернізації та скорочення рівня субсидювання на цей процес з боку Федерального міністерства економіки та технологій Німеччини. Відповідно виробники віконних систем та теплоізоляційних матеріалів призупинили розширення виробничих потужностей, очікуючи на більш сприятливий інвестиційний клімат [56]. Натомість більш оптимістичнішою є перспективи щодо збільшення виробничих потужностей виробників теплових насосів, які декларують зростання їх вироблення більше ніж втричі до 2025 року [57]. Показано, що чіткі правила, такі як спеціальне регулювання, програми підтримки у сфері термомодернізації є для  $\frac{3}{4}$  опитаних власників німецьких компаній, що виробляють будівельні матеріали, ключовими факторами, які спонукають їх вкладати кошти у розширення свої виробничих потужностей [58].

Аналіз ситуації щодо темпів термомодернізації у Німеччині показав різні підходи до неї, що визначаються територіальною прив'язаністю. Так, у Західній Німеччині він досяг 1% відсотка існуючого житлового фонду в період між 1990 та 2010 роками. Однак з того часу ситуація не змінилась. Натомість у Східній Німеччині, де після війни побудова житла багато в чому моделювала існуючий радянський порядок підходів до будівництва – будівлі були неутеплені, тож вже з 1995 року почалась активна їхня реконструкція. Завдяки проведеним заходам вдалось вийти на 4% щорічної модернізації житла щодо його енергоефективності, однак з 2001 року цей показник вийшов на 1%, характерний для Західної Німеччини (рис. 13).



Source: Own calculation<sup>5</sup> based on a standard year as the average of the factor capacity of wind and solar energy between 2018 and 2020 and data from ista Germany

© DIW Berlin 2022

Рис. 13. Темпи проведення заходів щодо утеплення будівель у різних частинах Німеччини з 1990 по 2020 роки [55]

Раніше зазначалось, що процес термомодернізації передбачає поступову відмову від викопних палив на користь відновлювальних. Поступове зростання частки енергії, отриманої з природних джерел (насамперед сонячної та вітрової) та енергії з біомаси, зростає у країнах ЄС. Так, у 2007 році було задекларовано зобов'язання щодо збільшення до 20% відновлюваної енергії в енергоспоживанні до 2020 року, яке підкріплювалось Директивою ЄС про відновлювані джерела енергії. Були напрацьовані дозвоільні документи, правила доступу до мережі, механізми заохочення інвесторів, що доклались до впровадження відновних джерел енергії для задоволення енергетичних потреб. До 2020 року декларований цільовий показник було досягнуто. Німеччина взяла на себе зобов'язання стати кліматично нейтральною до 2045 року [59].

Польща, як і інші країни-члени ЄС, має схожі проблеми щодо зниження енергоспоживання різними секторами економіки, серед яких будівельний сектор є найбільш енергоспоживаючим, як видно з даних, наведених у таблиці 7, у якій представлена структура споживання енергії окремими галузями економіки за певні роки [60].

Таблиця 7. Структура використання енергії різними секторами економіки в Польщі за певні періоди часу [22]

Сектори економіки	2001 (%)	2011 (%)	2021 (%)
Будівлі	35,0	26,9	31,3
Промисловість	28,0	23,3	23,0
Транспорт	17,0	26,9	31,3
Послуги	11,0	13,0	11,3
Сільське господарство	9,0	5,7	5,0

Пріоритетним завданням проведення заходів щодо енергоефективності є те, що це має бути вигідним як для економіки, так і для населення. Польща за останні двадцять років досягнула приблизно 37% підвищення кінцевого споживання енергії та орієнтовно 34% зменшення кінцевої енергоемності валового внутрішнього продукту (ВВП), що вказує на зростання енергоефективності та енергозбереження в державі. Хоча споживання кінцевої енергії в Польщі зростає, енергоемність ВВП знижується, що свідчить про збільшення енергоефективності без зростання попиту на енергію. Заходи щодо підвищення енергоефективності будинків подаються як пріоритетні, адже зниження споживання енергії тут можуть бути дуже значними.

### **3.2. Приклади термомодернізації окремих житлових та нежитлових будівель в Польщі: аналіз проведених робіт та зниження викидів парникових газів**

**Основні дані про будівельний сектор та будівлі у Польщі.** Загальна кількість будівель у Польщі складає 14,5 мільйонів будинків, серед них 6,5 мільйона – житлові будинки. Орієнтовно серед 44,44% таких будівель лівова частка припадає на приватні (40,56%), решту – 3,86% та 0,03% становлять відповідно багатоквартирні та колективні житлові будинки. На 55,56% фонду нежитлової забудови 3% припадає на будівлі громадського призначення, 35,34% – на виробничі та складські будівлі, решту – це інші нежитлові будівлі [61, 62]. Нижче будуть наведені дані аналізу щодо житлових будинків, споруджених у різні роки (таблиця 8). Як видно з наведених у цій таблиці даних, більше ніж 70% цього житлового фонду може розглядатись як старе або дуже старе житло (будинки, побудовані до 1988 року, тобто до вступу Польщі в Європейський

Союз), які умовно позначається як перша група будівель. Таке житло є енергетично неефективним, оскільки до таких будівель не ставились вимоги щодо їхнього утеплення. Решту житлового фонду (друга група будівель) припадає на нові або відносно недавно побудовані будинки [61-63]. Також у таблиці відмічений потенціал енергозбереження, який може бути досягнутий для різних будинків після проведеної термомодернізації.

Таблиця 8. Розподіл житлового фонду в Польщі за роками будівництва на початок 2023 року та потенціал енергозбереження для них при проведенні термомодернізації.

Період	Кількість будівель	% будівель	Потенціал термомодернізації
Перед 1918	404610	6,3	83,9
1918-1944	809220	12,5	79,3
1945-1970	1363480	21,1	75,8
1971-1978	654027	14,2	71,7
1979-1988	753794	14,8	64,8
1989-2002	670655	10,2	59,4
2003-2007	321471	3,8	44,8
2008-2011	205076	2,9	44,8
2012-2020	743379	9,3	37,6
Від 2021	221479	3,3	-

Зрозуміло, що менш енергоспоживаючими будуть будівлі, які відносяться до другої групи, оскільки до них були підвищені вимоги щодо теплозахисту, зокрема обмеження максимального рекомендованого значення коефіцієнта теплопередачі для окремих огорожувальних конструкцій, лімітування енергоємності будівель. Рівень енергоємності будинків в свою чергу тісно пов'язаний з конструкцією будівлі та застосованими щодо нього технічними рішеннями, розташуванням і спорудами, які є навколо цієї будівлі, а також її цільового призначення. У старих будівлях погана теплоізоляція огорожувальних конструкцій спричиняє високі тепловтрати, які компенсуються за рахунок витрат, що витрачаються на опалення (домінуючої статті енергоспоживання у будинках різних категорій, як це видно з даних, поданих у таблиці 9).

Таблиця 9. Структура енергоспоживання в домогосподарствах за кінцевим використанням [22, 59]

Спосіб використання енергії	Будівлі для навчання	Промислові будівлі	Житлові будівлі
Обігрівання приміщення	87,0	80,0	65,4
Гаряче водопостачання	2,0	2,0	17,1
Освітлення приміщення	10,0	18,0	9,2
Приготування їжі	1,0	0	8,3

Із 561884 багатоквартирних будинків було проведено аналіз 189289 будівель і встановлено, що приблизно 40% з них мають бути термомодернізовані відповідно до сучасних енергетичних стандартів [64]. Екстраполяція одержаних результатів на весь житловий фонд багатоквартирних будинків дає змогу зробити висновок, що орієнтовно 225000 будинків потребують термомодернізації. Показано, що попри проведену у попередні роки термомодернізацію варто проводити подальші заходи по її вдосконаленню з орієнтації на вимоги, що викладаються у підзаконних актах, розрахованих до 2050 року. Однак власники будинків неохоче йдуть на глибоку термомодернізацію внаслідок великої економічної затратності цього процесу, тому проводяться тільки часткові міри. Так, для 17% житлових будинків та 12% нежитлових будівель, термореконструйованих у 2012-2016 роках та 15% житлових будинків, модернізованих у 2017-2021 роках найпопулярнішим заходом термомодернізації було утеплення зовнішніх стін Вікна замінили у 36,5% будівель, газове обладнання – у 23,7% будинків. Середньорічне споживання енергії для центрального опалення зменшилось з 973,5 ГДж до 1295,1 ГДж після термомодернізації, а економія річної витрати енергоресурсів становила 24,8% [65, 66]. Аналіз статистичних даних свідчить, що найменш термомодернізованими серед всіх категорій будинків є ті, що споруджені до 1945 року – тільки 9%, найбільша кількість термомодернізованих будівель припадає на ті, які були побудовані в 1967-1985 роках [61].

Для опалювання житлових будинках в країнах ЄС домінуючим викопним паливом для цього є природний газ (42%), на нафту і вугілля припадає 14% і 3%

відповідно, при цьому викиди парникових газів від цих будівель складає 36% [37]. Відповідно економія енергії для будинків призводить до скорочення викидів небезпечних речовин в атмосферне повітря, в тому числі й парникових газів. Для Польщі така картина буде ще більш сприятливою, оскільки частка викопного палива у вигляді вугілля, застосованого для обігріву будинків, є дуже великою (40%). У загальному серед будинків в країнах ЄС ця частка складає майже 90%, решту припадає на природний газ і відновлювальну енергію з біомаси [59].

Детальний розподіл використаного вугілля є таким – на кам'яне та буре вугілля припадало відповідно 61,0% та 18,2%, решту – на інші види палива як джерела отримання енергії (на 2014 рік). Серед них – споживання паливних ресурсів – природного газу склало 5,5%, а нафти – 1,4%. Поступове скорочення використання вугілля і заміна його іншими паливами призвела до такого перерозподілу викопних палив: частки кам'яного і бурого вугілля скоротились до 40,4% і 12,% відповідно, натомість зріс обсяг використовуваної сирої нафти до 23,8% і природного газу до 14,1% [67, 68]. Структура споживання первинних енергоносіїв не зазнала суттєвих змін протягом останніх років. Частка кам'яного вугілля зменшується, а частка сирої нафти та відновлюваних джерел енергії зростає.

У випадку проведеної термомодернізації можна досягнути скорочення викидів діоксиду вуглецю до 37 мільйонів тонн на рік (приблизно 10% від загального річного обсягу викинутих парникових газів у Польщі). При цьому зменшується і об'єм твердих дрібнодисперсних частинок орієнтовно на 89000 тонн на рік (приблизно 25% від загального обсягу таких викидів у Польщі [61]. Кліматична нейтральність може бути досягнута насамперед через збільшення обсягів використання енергії з відновлювальних джерел. Частка ВДЕ з 2001 року зросла на 8,8% і на кінець 2021 року досягла стабільних 15%. Наразі складно прогнозувати, чи буде можливим досягти задекларованої в REPowerEU, яка б до 2030 року мала складати 45%.

Повний перехід до кліматичної нейтральних будівель можливий лише завдяки значному вливанню фінансів. Окремі дослідження свідчать, що

масштабна реалізація термомодернізації в повному обсязі є практично неможливою [65, 69-71]. Пакетом "Fit for 55" цільовий показник скорочення викидів зросте до 55% у 2030 році, а це призведе до зростання ціни на квотні викиди. Попри те, що будівельний сектор буде охоплений схемою торгівлі квотами з 2027 року, будівлі, які під'єднані до електромережі, вже потрапляють під дію цих схем, через те, що теплові електростанції потужністю більше 20 МВт вже включені до схем торгівлі викидів. Внаслідок цього витрати приблизно 37% польських домогосподарств відповідно до цих схем в найближчому періоді складатимуть 0,5 млрд. євро, а потім досягнуть 2 млрд. євро у 2030 році. Для всієї будівельної сфери приблизні витрати на реалізацію пакету заходів "Fit for 55" до 2030 року складатимуть 152,2 млрд євро. Варто зазначити, що виконання програми "Fit for 55" дасть змогу надходження додаткових коштів у 253,5 млрд євро, які можна витратити для проведення заходів по підвищенню енергоефективності [65].

У таблиці 9 наведені обсяги коштів, необхідних для термомодернізації житла різних категорій в певні періоди час. Їхній обсяг мав би поступово зростати, починаючи з 2031 року, коли темпи термомодернізації повинні були б зростати. Найбільше коштів вимагається для приватних будинків, для багатоквартирних та нежитлових будівель їх потрібно приблизно однаково (таблиця 9). Інвестиції в термомодернізацію є економічно вигідними, якщо вартість економії 1 ГДж кінцевої енергії впродовж 15-річного періоду дії ефекту і стабільності цін на дату її завершення, є нижчою за вартості 1 ГДж кінцевої енергії до модернізації [61].

Підраховано, що для житлових будинків термомодернізація є економічно вигідною тоді, коли зменшуються потреби в кінцевій енергії на 75%, скорочуються річні викиди парникових газів на 10%, знижуються викиди забруднюючих речовин на 10% (серед них 25% припадає на дрібнодисперсні завислі частинки).

Таблиця 9. Обсяг коштів, необхідних для проведення термомодернізації впродовж 2021-2050 роках [Anna Lis Thermal]

Період	Орієнтовні кошти, необхідні на термомодернізація будівель (млн злотих)			
	Приватні будівлі	Багатоквартирні будівлі	Нежитлові будівлі	В загальному
2021-2030	200,329	103,692	101,583	405,604
2031-2040	264,029	138,745	134,858	537,632
2041-2050	266,766	138,888	135,167	540,821
2021-2050	731,124	381,325	371,608	1,484,057

Економія енергії залежить також від категорії будівлі. Зокрема, для нежитлових будівель Польщі найбільше енергії витрачається на обігрів та вентиляцію приміщень (37%), далі – на освітлення (32%) та електроприлади (24%), тоді як у житлових будівлях опалення споживає 69% енергії, гаряче водопостачання – 15% [72]/

Енергоспоживання нових будинків є нижчим, оскільки покривається в основному енергією, отриманою з відновних джерел. Тому підтримання впровадження екологоорієнтованих технологій має бути пріоритетним завдання держави і бізнесу. Стратегія розширення використання відновлюваних джерел енергії в Європейському Союзі передбачає зростання їхньої частки до 20%. Передбачені Кіотським протоколом ініціативи, впровадження їх у Польщі дозволило досягти скорочення викидів парникових газів на 31%, виражених в еквіваленті двоокису вуглецю, причому викиди двоокису вуглецю скоротилися на 31%, метану – на 45%, закису азоту – на 31%. Відмічено 12-кратне зниження викидів перфторвуглеців. Однак, не вдалося домогтися скорочення для викидів гідрофторвуглеців (HFC) (спостерігалось їх зростання в 6 разів) та сірчаного ангідриду (SF6) (відмічено збільшення вдвічі з 2000 року) [73].

Прийнята у 2021 році Польщею довготривала стратегія термомодернізації будівель визначає два поступові шляхи: проведення поверхневої масштабної термомодернізації та поступову глибоку термомодернізацію до 2030 року [61]. Напрацьована модель, розрахована до 2040 року, щодо вибору технологій для

спорудження енергосистеми з низьким рівнем викидів [74]. Сценарієм енергетичної реконструкції будівель у Польщі, який розглядає довготривалу стратегію термомодернізації будинків, передбачено швидке зростання масштабів неглибокої термомодернізації, які починаються з будівель з найгіршими енергетичними характеристиками. Подальші кроки пов'язані з поступовим поширенням глибокої термомодернізації до 2030 року [61]. Таким чином, поступова термомодернізація даватиме в кінцевому етапі отримання будинку з майже нульовим споживанням енергії.

Найважчий в Польщі житловий фонд (житлові і нежитлові будівлі) володіє великим потенціалом щодо облаштування його як енергетично ефективного та екологічно орієнтованого житла. Основні можливості для впровадження таких заходів стосуються використання енергоресурсів, насамперед викопних (природного газу і вугілля) та комплексу заходів, орієнтованих на зменшення споживання тепла та електроенергії. Термомодернізація будівель – один з необхідних заходів зниження вищеперерахованих впливів, зокрема й скорочення викидів парникових газів, адже будинки споживають більше енергії, ніж промисловий або транспортний сектори. Комплексна термореконструкція середньостатистичного будинку дає змогу заощадити приблизно 40% енергії [22].

### ***Термомодернізація житлових будинків різного терміну експлуатації***

В статті [72] описано заходи глибокої термомодернізації та використання відновлюваних джерел енергії в нежитлових приміщеннях на північному сході Польщі. Передбачалось, що можна досягнути зменшення споживання енергії на 25-50% на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання. Показано, що впроваджені заходи привели до економії енергоспоживання на рівні 46-65% та скорочення викидів діоксиду вуглецю на більше ніж 45-86%. При цьому частка енергії, отриманої від відновних джерел, була не дуже значною – 3-15%.

Було проаналізовано 5 будівель, збудованих у проміжку від 1959 до 1983 роках, для яких був проведений енергоаудит. Всі проаналізовані будинки потребували реконструкції через великий рівень енерговтрат. Зокрема

тепловтрати через вентиляцію становили від 23% (1959 року побудови) до 48% (1976 року побудови) [75].

У всіх будівлях було проведено утеплення через нанесення шару теплоізоляції на стіни та у двох утеплені й дахи, а також змонтована нова система опалення. Проведена заміна більшості вікон (у будівлях 70-х, 1976 та 1986 років) та вмонтоване світлодіодне освітлення у всіх будівлях, окрім будинку 1959 року. Кожна з будівель додатково була доповнена різним обладнанням, що дало змогу зробити її більш енергоефективною. Так, було встановлено сонячні колектори (будівлі 1959 та 70-х років) або фотоелектричні панелі (будівлі 1978 та 1969-1983 років); вмонтовано механічну вентиляцію з рекуперацією тепла (будівля 70-го року); у будівлі 1959 року додатково було вмонтовано твердопаливний котел, у якому як паливо використовувались деревні пелети.

Посилення ізоляції зовнішніх перегородок і переобладнання системи вентиляції привели до зменшення показника корисної енергії для опалення на 33-69%. Найбільшого скорочення було досягнуто для будівлі, збудованій у 1970-х роках, де застосовувалася механічна вентиляція з рекуперацією тепла, найменша – у будівлі 1976-1983 рр., де не було жодного джерела тепла. Використання як альтернативних джерел енергії, генерованої від сонячних колекторів чи фотоелектричних панелей, здатне покрити від 2% до 15% потреб енергії. Значно кращою є ситуація при використанні як джерела енергії біомаси, яку додають до котла відповідної конструкції. При цьому саме від будівлі, де було вмонтований такий котел, отримано найбільш значне скорочення викидів CO<sub>2</sub>. Загалом отримані термомодернізаційні заходи дозволили досягнути таких скорочень викидів діоксиду вуглецю, яке в загальному щорічному об'ємі склали 549 т. У відсотковому вираженні для окремих будинків це становило 45% (будинки 1976-1983 років), 54% (будинки 1978 року), 65% (будинки 70-х років), 83% (будинки 1959 року) і 86% (будинки 1989 року). На рис. 14 наведена діаграма досягнення скорочення викидів CO<sub>2</sub> від будівель різних років та глибини проведеної термомодернізації.



Рис. 14. Скорочення викидів діоксиду вуглецю для будинків різних років будівництва, досягнутих проведенням термомодернізації різного ступеня (синя лінія вказує на досягнення 100% зниження таких викидів, що характерне для будівель з нульовими викидами ПГ)

Варто зазначити, що відповідно до всіх критеріїв, заходи, які застосовувались до будівель, можна розглядати як заходи глибокої термомодернізації. Залежно від проведених масштабів термореконструкції було витрачено різний обсяг коштів (від 84 до 333 євро-м<sup>2</sup>).

***Термомодернізація нежитлового приміщення (школи) (моніторинг впродовж 2011-2015 років) [73]***

Термомодернізація включала теплоізоляцію будівельних огорожень як основного джерела тепловтрат та облаштування центрального внутрішнього джерела тепла, через який забезпечується обігрів та гаряче водопостачання приміщень. Проводилась комплексна тепла модернізація, заходи якої визначались після проведення енергетичного аудиту будівлі. Проводився не тільки енергетичний аудит будинку на предмет споживання енергії для опалення, витрат електроенергії, але й моніторинг за викидами забруднюючих речовин в атмосферне повітря. За допомогою останнього визначався вплив енергоощадних заходів на стан довкілля. Було показано, що термомодернізація не тільки сприяла зниженню споживання енергії і сприяла подовженню експлуатації будівлі, але й

приводила до ресурсоощадності і зниження викидів небезпечних речовин в атмосферне повітря.

Проведено аналіз термомодернізованої будівлі на скорочення викидів парникових газів. Дана будівля є школою, побудованою у 1966 і термомодернізованою у 2010 році. Технічні характеристики її до реконструкції були схожі до інших будівель такого типу, тобто огорожувальні конструкції будинку не були утеплені, тому спостерігались високі енерговтрати. Термомодернізація включала теплоізоляцію зовнішніх стін, перекриттів, даху, підвалу та горища, а також заміну окремих конструкцій всередині будівлі для покращення мікроклімату в приміщеннях, переведення опалення з опалювання вугілля на газове. Відмічено збільшення енергоефективності будинку (енергоспоживання зменшилось з 16100 кВт-год/рік до 12500 кВт-год/рік) та зменшення негативного впливу на довкілля. Позитивні зміни щодо впливу на атмосферне повітря, що проявляються як зменшення викидів забруднюючих речовин, наведені у таблиці 10.

Таблиця 10. Зменшення емісії деяких забруднюючих речовин в атмосферне повітря до і після проведення термомодернізації будівлі [73]

Забруднююча речовина	Обсяг забруднюючої речовини, кг/рік		Зменшення емісії %
	До	Після	
SO <sub>2</sub>	600,5	0,4	99,7
NO <sub>x</sub>	133,4	1,7	98,7
CO	4710,0	3,9	99,9
Пил	208,5	0,8	99,6
Бензапірен	0,8	0,1	99,9

Ці дані свідчать про скорочення емісії небезпечних речовин до 99,9%. Кожна із поданих у таблиці забруднюючих речовин є основними сполуками, що утворюються при згоранні викопного палива, насамперед вугілля і нафти. Діоксид сірки та оксиди азоту, потрапляючи в атмосферне повітря і взаємодіючи з наявними там компонентами, такими як водяна пара, можуть бути причиною утворення кислотних оксидів і кислот, що потрапляючи в хмари, потрапляють як

кислотні на ґрунтовий покрив та водне середовище, спричиняючи їх закислення і позначаючись на життєдіяльності живих організмів, які там ростуть або мешкають. Також ці речовини можуть разом з іншими компонентами ставати причиною утворення смогів антропогенного походження. Тому зменшення таких забруднюючих речовин у викидах димових газів, що потрапляють в атмосферне повітря, є дуже важливим.

Варто вказати, що на теперішній час методика розрахунку енергетичної ефективності будівель має враховувати розрахунки викидів парникових газів, які мають бути наведені у відповідному сертифікаті.

Тому такі розрахунки і були проведені для термомодернізованої будівлі. Розрахунок обсягів викидів парникових газів, які утворюються внаслідок спалювання палива, враховував показник потенціалу глобального потепління (ПГП), що дорівнює 25 кг CO<sub>2</sub> на 1 кг CH<sub>4</sub> та 298 кг CO<sub>2</sub> на 1 кг N<sub>2</sub>O. Викиди цих основних парникових газів наведені у таблиці 11.

Як видно з даних, поданих у таблиці 11, вдалось досягнути скорочення викидів CO<sub>2</sub> в 674,3 кг в розрахунку на одного учня, а із врахування CH<sub>4</sub> і N<sub>2</sub>O – 746,1 кг/рік. У відсотковому відношенні скорочення викидів CO<sub>2</sub> становило 81%, а всіх парникових газів – 68%.

Таблиця. 11. Викиди CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> і N<sub>2</sub>O до і після проведення термомодернізації будівлі (розрахунок викидів CH<sub>4</sub> і N<sub>2</sub>O проводився в перерахунку на еквівалент CO<sub>2</sub>) [73]

Парниковий газ	Перед термомодернізацією		Після термомодернізації		Зменшення викидів	
	кг CO <sub>2</sub> /рік	кг/(м <sup>2</sup> /рік)	кг CO <sub>2</sub> /рік	кг/(м <sup>2</sup> /рік)	кг CO <sub>2</sub> /рік	кг/(м <sup>2</sup> /рік)
CO <sub>2</sub>	98157,8	1148,1	33711,3	293,6	64446,5	81,1
CH <sub>4</sub>	6858,2	59,7	197,6	0,2	6650,6	97,1
N <sub>2</sub> O	456,04	0,7	93,63	0,08	362,4	79,5
Загалом	105472,0	1208,2	34002,5	293,9	71469,5	67,8

На рис. 15 на гістограмі подані дані отриманого зменшення викидів кожного з парникових газів та їхньої загальної кількості, яке порахована для будівлі щодо якої проводилась термомодернізація.



Рис. 15. Зниження викидів парникових газів (кожного окремо та їх сукупності) від термомодернізованої будівлі (синя лінія вказує на досягнення 100% зниження таких викидів, що характерне для будівель з нульовими викидами ПГ)

Таким чином, досягнення у сфері енергетичної та кліматичної політики ЄС та їхнє впровадження у країнах ЄС є надзвичайно важливі, оскільки забезпечення енергетичних потреб будівель здійснюється великою мірою внаслідок спалювання викопних палив та утворення значних обсягів парникових газів і забруднюючих речовин. Проведення заходів термомодернізації і поступова відмова від викопних палив впливає на скорочення таких викидів, що є важливим як для врегулювання проблеми глобального потепління, так і покращення якості атмосферного повітря.

### 3.3. Приклади термомодернізації житла в Україні: особливості проведення та реалізація успішних проєктів у житловому секторі

В Україні старий житловий фонд характеризується значною фізичною зношеністю та великими енерговтратами. Так, обстеження значної кількості (1500) 5-поверхових житлових будинків, споруджених за типовими проєктами, виявило незадовільний технічний стан у 5%. [76]. Таким будинкам загрожує руйнування, вони є дуже енергонеефективні, малокомфортні для проживання, тому першочерговим має бути рішення щодо їх подальшого існування. Існує два шляхи вирішення долі таких будівель: або повне шляхом знесення і побудови нового житла чи їхнє оновлення завдяки проведенню докорінної модернізації.

Остання виглядає найбільш реалістичною, зважаючи на низьку купівельну спроможність тієї частини населення, яка в основному проживає в такому типі житла. Окрім того, внаслідок модернізації старого житлового фонду буде виконано нові містобудівні вимоги до таких будинків через підвищення стійкості конструктивних елементів будинку, удосконалення внутрішнього облаштування житла, утеплення огорожувальних і внутрішньобудинкових конструкцій тощо. Саме шляхом модернізації старих будівель відбувається оновлення житлового фонду у деяких країнах-членах ЄС, де великою є кількість житла, побудованого за радянськими стандартами (Польща, східна частина Німеччини, країни Балтії).

Низька вартість електричної та теплової енергії, а також невисока ціна на газ для населення, непродумані правила витрати коштів, що були надані як субсидія, довгий час не сприяли заохоченню населення до заходів щодо модернізації власних осель, зокрема до їхнього утеплення та встановлення сучасних систем опалення. Зростання тарифів на комунальні послуги змусила їхніх споживачів самостійно обдумувати можливості економії, які зокрема стосувались утеплення будинків, відмови від централізованого водо- та тепlopостачання, модернізації опалювальних пристроїв у квартирах, заміни вікон та дверей.

Часто такі заходи проводяться на рівні однієї чи декількох квартир і не дають очікуваного ефекту, як, наприклад, у випадку «клаптикового» утеплення зовнішніх стін. Таке утеплення стін на рівні однієї або кількох квартир, даючи незначний ефект підвищення температури в ній, може спричинити появу плісняви у сусідній квартирі через конденсацію вологи на стику між утепленим і неутепленим помешканнями. Як правило, такі утеплення відбуваються з недотриманням технологічного процесу та можуть приводити до швидшого зношування інженерних конструкцій. Крім того, це утеплення не впливає на об'єм спожитого будівлею тепла, якщо воно подається до будинку централізовано, а такий спосіб є найбільш типовим для більшості будинків старого житлового фонду. Таким чином, проведення такого «клаптикового утеплення» окремо взятої квартири в енергонеефективному будинку є

малоперспективним, адже більшість конструкцій, через які відбувається втрати тепла не зазнають ніяких змін [77]. Варто зазначити, що і зовнішній вигляд будівлі з «клаптиковим» утепленням досить непривабливим, на противагу будинку, де повністю проведено утеплення (рис. 16).



Рис. 16. Зовнішній вигляд будинків, утеплених «клаптиковим» способом (фотографія вгорі) та при проведенні термомодернізації (фотографія внизу) (фотографії взяті із сайту <https://galas.te.ua/2017/11/klaptykove-uteplennia-u-ternopoli-vys/> і <https://shostkanews.city/articles/180972/chi-uvijde-energodim-u-vash-budinok>)

У таблиці 12 наведені основні ознаки, які відрізняють клаптикове та комплексне утеплення зовнішніх стін [78], а саме ефективність запобігання енерговтратам, вплив метеорологічних умов на конструкції та можливість розвитку грибкових пошкоджень, якість проведених робіт та зовнішній вигляд будівлі тощо.

Таблиця 12. Аналіз переваг і недоліків різного утеплення зовнішніх стін багатоквартирних будинків

Спосіб утеплення зовнішніх стін будинку	Клаптикове утеплення	Комплексне утеплення
Ефективність енергозбереження	Втрати тепла через неутеплений дах, горища, підвали, сусідні квартири	Утримання тепла кожною квартирою
Поява плісняви	Різниця температур між утепленими і неутепленими приміщення приводить до появи плісняви	Відсутність плісняви на стінах квартир
Вплив несприятливих погодних умов	На з'єднаннях утеплених і неутеплених квартир можливі деформаційні процеси і швидше зношення конструкцій	Менший вплив на утеплені стіни екстремальних температур та опадів
Зовнішній вигляд будівлі	Непривабливий вигляд будинку, утепленими різними за кольорами матеріалами	Дотримання єдиного архітектурного рішення щодо зовнішнього вигляду будинку
Якість виконання робіт	Можливість халтурного проведення робіт з використанням неякісних матеріалів, без гарантій якості і контролю	Дотримання будівельних норм, отримання всіх дозволів, контроль за проведенням робіт з боку організацій, що видають на це кошти
Співфінансування	Немає державної чи іншої підтримки та отримання позики на проведення робіт	Підтримка фондами з і можливість отримання 40-70% коштів, які не потрібно повертати як позику

Термомодернізація будівель буде успішною тоді, коли всі мешканці будівлі зацікавлені у проведенні комплексних заходів, у які треба буде вкласти і частину власних коштів.

Уже зазначалось, що повна або часткова декарбонізація будівель насамперед забезпечується заходами термомодернізації – сукупністю енергоефективних заходів, які включають проведення енергоаудиту, встановлення регульовального обладнання, утеплення зовнішніх стін і т.п. З 2015 року, коли розпочалось залучення України до міжнародних ініціатив з

декарбонізації при підвищенні енергоефективності в будівлях як ключової складової для зменшення викидів CO<sub>2</sub> у містах, досягнуто успіхів на законодавчому рівні (активна адаптація і впровадження Директив 2012/27/EU та 2010/31/EU, зокрема створена регуляторна база для діяльності енергоаудиторів та енергосертифікації будинків), а також у прийнятті практичних заходів для забезпечення комерційного обліку тепlopостачання (більше 81% будівель забезпечено тепловими лічильниками). Завдяки прийнятим заходам щодо термомодернізації будівель скоротилась частка парникових газів, зокрема CO<sub>2</sub>, які продукуються ними. Так, у 1990 році викиди парникових газів від будівель згідно з Національним кадастром викидів склали 120 млн т CO<sub>2</sub>-екв, а у 2019 році – 22,3 млн т CO<sub>2</sub>-екв, тобто вже були 78% нижчими від рівня викидів, зафіксованих у 1990 році.

Процедура термомодернізації буде залежати від категорії будівлі, для якої вона буде проведена. Найбільш простою вона виглядає для мешканців індивідуальних осель, найбільш складною – для людей, що проживають в багатоквартирних будинках. Досвід проведення термомодернізації останніх, який напрацьований у період до повномасштабного вторгнення показав, що він є різним для будинків, об'єднаних в об'єднання співвласників багатоквартирних будинків (ОСББ), і для тих, де керування здійснюється управляючими приватними або комунальними компаніями (наступниками колишніх житлово-експлуатаційних контор). Як правило, ОСББ більш охоче створюється у тих будинках, які є новими, споруджені з сучасних матеріалів, використовують нове обладнання і не потребують утеплення. Натомість застарілий житловий фонд переважно опинився під наглядом управляючих компаній (80%). Показано, що ОСББ донедавна неохоче брали участь у проведенні термомодернізації (приблизно 20% всіх існуючих ОСББ долучились до цього процесу) попри існуючі програми від Фонду енергоефективності. Для другої категорії, частка якої значно переважає ОСББ, процедура фінансування дуже ускладнена і законодавчо не прописана. Тільки, коли процедура термомодернізації буде неформалізована, а обов'язкова до виконання сам процес має можливість бути успішно зреалізований.

Кожен будинок навіть типової архітектури може мати різні енерговитрати і тепловтрати і тільки грамотно проведений енергоаудит дає змогу встановити джерело цих втрат. Енергоаудит – це комплексне обстеження будівлі щодо її енергоефективності та визначення напрямків щодо оптимізації використання енергоспоживання і запобігання його втратам. Обстеження в процесі енергетичного аудиту стосуються так званих огорожувальних поверхонь (зовнішніх стін, покрівлі, вікон, верей, підвальних приміщень та горищ), систем водопостачання, електроспоживання, вентиляції та опалення. В результаті проведеного енергоаудиту складається звіт, у якому наведено характеристики стану будівлі і його інженерних споруд, існуюче енергоспоживання і енергетичний бюджет будівлі за останні декілька років. Завдяки проведенню енергоаудиту вирішується питання щодо прийняття заходів, які б найкраще підходили конкретному будинку для забезпечення його енергоефективності за прийнятної ціни. Ліквідація таких проблемних місць – запорука подальшої успішної термомодернізації, адже, якщо приміром у будинку протікає дах чи пішли тріщини, або спостерігається просідання фундаменту, то ці роботи мають бути проведені насамперед [78].

Ще один важливий етап термомодернізації – вирівнювання температурного режиму у будинку. За умови встановлення сучасного ІТП цього можна досягти застосуванням спеціальних балансувальних клапанів, які розташовуються на стояках опалювальних мереж. Завдяки цим клапанам встановлюється автоматичний баланс системи опалення та однакові показники подачі теплоносія до всіх опалювальних приладів будівлі, що забезпечує однакову температуру у квартирах всього будинку. Цей етап може бути підсилений встановленням на опалювальних приладах радіаторних терморегуляторів, які є дуже чутливими щодо змін температури, за їхньою допомогою можна зменшувати температури у нічний час доби чи у відсутність людей у квартирі. Обладнання такими терморегуляторами всіх опалювальних пристроїв у будинку дає змогу заощадити до 20% теплової енергії. Після проведення модернізації внутрішньобудинкових пристроїв опалення та інженерних мереж є можливим розпочинати утеплення

зовнішніх конструкцій будинку. Саме такий порядок проведення робіт є оптимальним і економічно вигідним [78].

Справедливого розподілу оплати за теплову енергію, спожитий кожною квартирою, можна досягнути, скориставшись досвідом європейських країн, встановивши на кожен радіатор розподільник витрат, який не є лічильником теплової енергії, проте за його допомогою, знаючи загальне споживання теплової енергії, можна поррахувати частку споживання теплової енергії кожним приладом.

Нижче буде описано приклади успішної реалізації проєктів щодо термомодернізації різного охоплення – від часткової до повної на прикладі термомодернізованого київського будинку та житлового сектора міста Новояворівськ.

Одним з дуже успішних прикладів термомодернізації багатоквартирного будинку у Києві була будівля, побудована у першій половині 2000-х років, яка не мала утеплення і характеризувалась великим енергоспоживанням. Завдяки зусиллям ОСББ, отриманню проєктів на 70% утеплення для покращення енергоефективності від міської влади, дофінансування 30% вартості робіт мешканцями будинку змогли втілити такі 3 етапи термомодернізації (по одному в рік): заміна вікон і дверей, встановлення індивідуального теплового пункту, балансувальних клапанів для реконструкції системи опалення і гарячого водопостачання, утеплення внутрішньо будинкових конструкцій та запірної арматури; двоетапне утеплення фасаду за допомогою мінеральної вати і реконструкція даху; встановлення сонячних панелей на зовнішній стіні (рис. 17) для генерації електроенергії. Останнє є нетиповим у проєктах термомодернізації українського багатоквартирного житла, але це та наразі малореалізована ланка, яка б мала б бути у комплексному оновленні старого житлового фонду. На сьогодні потужність будинкової сонячної електростанції складає приблизно 150 кВт. Передбачається її доповнення сонячними панелями над автомобільним паркувальним майданчиком та ще над трьома секціями будинку. Кінцева потужність сонячної електростанції має досягти приблизно 400 кВт. Внаслідок

проведених заходів було досягнуто зменшення втрат енергії в 2,4 рази і перевести його з класу енергоефективності F до класу B [80].



Рис. 17. Термомодернізований будинок у Києві із встановленими сонячними панелями на зовнішній стіні (фотографія із сайту <https://ua-energy.org/uk/posts/rekordna-enerhomodernizatsiia-bahatopoverkhovyi-budynok-termos-iz-soniachny-my-paneli-amy-i-vitriakamy>]

Проведення додаткових заходів як встановлення системи рекуперації дозволить покращити якість повітря та досягнути найвищого А класу енергоефективності для цього будинку. Також заплановано монтування дев'яти вертикальних безшумних вітрогенераторів на даху будинку, які можуть

акумулювати вітрову енергію, коли немає сонця. Зображення одного з таких вітрогенераторів представлено на рис. 18. Необхідним є довістановлення додаткового обладнання (сонячних концентраторів та насосів) та нагромадити кошти на проведення таких робіт [80].



Рис. 18. Сучасний вертикальний генератор, встановлений на даху будівлі для акумуляції вітрової енергії (фотографія із сайту <https://ua-energy.org/uk/posts/rekordna-enerhomodernizatsiia-bahatopoverkhovyi-budynok-termos-iz-soniachnymy-paneliamy-i-vitriakamy>)

Одним з найбільш успішних міст в Україні щодо проведення термомодернізації є Новояворівськ (Львівська область). У місті немає жодного приватного будинку, серед 119 житлових багатоквартирних будинків 102 відносяться до старого житлового сектора (найстаріші споруджені ще 1959 року). Всі будинки під'єднані до централізованого теплопостачання і до проведення модернізації були дуже енергозатратні, тобто мали найнижчий клас енергоефективності та характеризувались великими викидами парникових газів від них. Унікальністю цього міста є створення ОСББ у всіх багатоквартирних будинках, тобто такі будинки можуть претендувати на отримання грантових коштів від Фонду Енергоефективності на проведення термомодернізації. Саме члени правління ОСББ були ініціаторами доєднання мешканців до програм термомодернізації. Загалом на сьогодні у місті проведено термореконструкцію різного ступеня у третині всіх наявних у місті житлових будинків. Процес термомодернізації розпочинався після проведення енергетичного аудиту, виготовлення енергетичного сертифікату будівель, розроблення проєктної

документації та її експертизи. Повну термомодернізацію зроблено у 10 будинках, часткову (встановлення ІТП) – у 29 будинках. Повна термомодернізація включала заміну інженерних мереж, вікон та дверних блоків в під'їздах, горищах, підвалах; встановлення ІТП; проведення гідравлічного балансування системи опалення; утеплення фасаду, даху, труб опалення та гарячого водопостачання. Оновлений вигляд термомодернізованих будинків та утеплених труб у підвальному приміщенні наведено на рис. 19. Проведена повторна енергетична сертифікація будинків з проведеною комплексною термомодернізацією засвідчила, що відбувалось покращення їхньої енергоефективності, що дозволило змінити клас енергоефективності з найнижчого "G" до класу "E". При цьому енергоспоживання системи опалення скоротилось на 50%, а викиди CO<sub>2</sub> – на 25%. Витрати за опалювальний сезон зменшились на 25-30% [81].

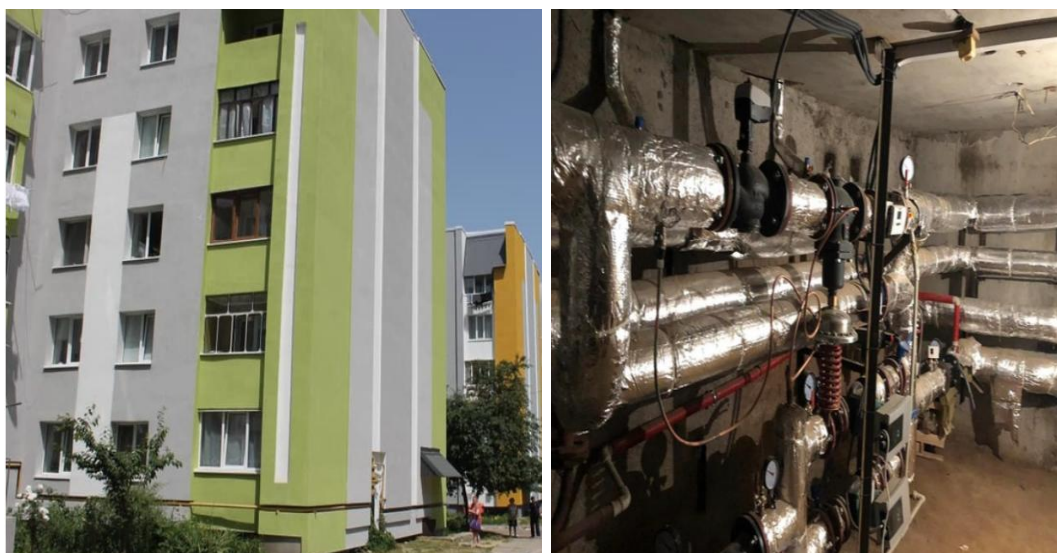


Рис. 19. Зовнішній вигляд термомодернізованих будівель у місті Новояворівську (а) та утеплених труб опалення та гарячого водопостачання у підвальних приміщеннях [82]

Якщо більш деталізовано проаналізувати витрати на термомодернізацію, то вони дещо вирізнялися впродовж 2020-2022 років. У 2020 році середні витрати на термомодернізацію однієї багатоповерхівки склали приблизно 6,5 млн грн. Серед них лєвова частка витрат – 5,5 млн грн – припало на утеплення будинку, яке здійснювали за допомогою 15 сантиметрового шару пінопласту, а навколо вікон та балконних огорожень як утеплюючий матеріал було використано мінеральну вату. Облаштування ІТП з балансуванням і утеплення труб обійшлося

у майже 1 млн грн, а встановлення енергозберігаючих дверей – у 77 тис. грн. Основна частинка коштів відшкодована з Фонду енергоефективності (70%). На кінець 2021 – початок 2022 року ці роботи стали більш затратними і для стандартної панельної 9-поверхової будівлі становили приблизно 7-9 млн грн. Фактично для квартири площею 60 м<sup>2</sup> вартість всіх робіт склала 22 тис грн. Якщо врахувати, що повернення цієї суми розраховано на 10 років, то щомісячний платіж становить приблизно 120-130 грн. Але варто врахувати зниження щомісячної оплати за тепло, адже до термомодернізації вона складала 43 грн за 1 м<sup>2</sup>, а після – 12 грн за 1 м<sup>2</sup>. Мешканці термомодернізованих будівель прагнуть вдосконалити окремі ланки енергофункціонування будинку, зокрема встановлення на даху сонячних панелей для забезпечення безперебійної роботи ІТП, зупинки якої можуть траплятись через відключення електроенергії. Також розглядається можливість відмови від централізованого теплопостачання і переходу опалення будинків за рахунок альтернативного джерела – функціонування котелень, що працюватимуть на біомасі. Це є особливо актуальним з огляду на поточну ситуацію з енергопостачанням через постійні ракетні обстріли і знищення або руйнування інфраструктурних об'єктів цього сектору. Також плануються роботи по термомодернізації нежитлових будівель – дитячих навчальних закладів та лікарні) [82].

Частка будинків, розташоване у сільській місцевості, є значною – понад 6,5 млн. осель. Частина цього житла на територіях, які знаходяться/знаходились на території активних бойових дій чи поблизу них є частково чи незворотно ушкодженою. Скільки є таких будівель наразі важко оцінити. Однак деякі висновки щодо таких споруд можна зробити. Житло у сільській місцевості, як правило, представлено індивідуальними будинками, стан яких буде визначатись терміном їхнього спорудження, конструкційними особливостями, способом обігріву тощо. Дуже часто у таких будинках тепла енергія йде не на їхній обігрів, а вивільняється у навколишнє середовище через нещільні вікна, двері, горища. В таких будинках встановлені застарілі котли, батареї, печі, які споживають велику кількість палива, а дають малу теплову віддачу. Зрозуміло,

що найлегшим виглядає процес заміни застарілих обігрівальних приладів на сучасні і проблему зменшення витрати коштів на опалення житла можна буде вирішити. Насправді, це лише часткове вирішення завдання і тут без процесу термомодернізації також не обійтись.

Процес термомодернізації таких споруд, як і випадку багатоквартирних будівель, має носити комплексний характер і включати:

- *утеплення будинку (стіни, дах, перекриття, підвальних приміщень) і заміна вікон та дверей.*

Проведення цього етапу дає змогу зменшити зовнішні тепловтрати до 20-45%. Проведення утеплення найчастіше проводять за допомогою облицювання стін теплоізоляційними матеріалами, такими як скловата, шлаковата, газобетонні блоки, пінополістирол, пінополіуретан, пінопласт тощо. Вони є недорогими, але за своїми теплотехнічними характеристиками поступаються сучаснішим матеріалам, через що споживачі після проведення термомодернізації отримуватимуть менший ефект щодо енергоефективності. Окрім того пінопласт, піностирол, пінополіуретан є досить легкозаймистими матеріалами, що у випадку пожежної небезпеки може бути джерелом загрози для мешканців будинку та створювати додаткове забруднення атмосферного повітря. Тому варто використовувати більш екологічнобезпечні матеріали з покращеними теплоізоляційними характеристиками, такі як піноскло, аерогель та інші. Щоб захистити нанесений матеріал від потрапляння вологи поверх наносяться захисні штукатурки. В останніх як наповнювач використовується вермікуліт чи перліт, які володіють хорошими теплоізоляційними характеристиками, надаючи високий тепловий захист будинку. Покращеним варіантом термомодернізації зовнішніх стін є створення «вентильованого фасаду», тобто забезпечення наявності повітряного прошарку між теплоізоляційним шаром теплоізоляції та поверхнею, на яку він наноситься. Відповідно волога буде швидко випаровуватися із зовнішніх поверхонь. Технології утеплення перекриттів над горищами і підвалами має свою специфіку, пов'язану із горизонтальним розташуванням цих конструкцій. Заміна вікон і дверей допомагає утримати до

15-25% тепла. Сучасні віконні системи відрізняються матеріалами, з яких вони вироблені (металопластикові, дерев'яні, металеві), склопакетами (однокамерним чи двокамерним), що позначається на їхній вартості.

- *заміна системи опалення і перехід на відновні джерела енергії.*

До недавнього часу дешева вартість природного газу, який постачався для населення, і газифікація невеликих населених пунктів (містечок, селищ, сіл), призвів до масового встановлення газових пристроїв в приватних домівках. Зростання вартості викопного палива призвело до пошуку інших рішень щодо обігріву будівель, зокрема переходу на відновні види палива, зокрема деревинні відходи, або встановлення сонячних батарей чи панелей на дахах або поблизу обійстя. Спостерігається заміна газових котлів в основному на твердопаливні, рідше – на електричні. Безсумнівною перевагою перших є незалежність від постачання електроенергії – фактору, який став дуже актуальним під час повномасштабної війни, коли через обстріли відбувається руйнування підстанцій, трансформаторів, генеруючих установок. У багатьох сучасних твердопаливних котлах передбачена автоматизована система подавання палива, автоматичне регулювання процесу горіння, що спрощує нагляд за цими опалювальними пристроями. Використання природної сонячної енергії через встановлення сонячних колекторів є ще одним із шляхів вирішення проблеми скорочення витрат на обігрів будинку, особливо актуальною є таке встановлення на тих територіях, де спостерігається багато сонячних днів. Встановлені накопичувальні пристрої нагріву облаштовані на нагрів води в великих об'ємах і подальше її використання для обігріву приміщення. Встановлення сонячних батарей чи панелей дає змогу перетворювати сонячну енергію на електричну і також використовувати її для потреб домогосподарства. В межах окремих населених пунктів можливим є встановлення міні-гідроелектростанцій, здатних вирішити проблеми постачання енергії. Фіксуються поодинокі випадки встановлення вітрових станцій для задоволення потреб. З часом кількість таких альтернативних електрогенеруючих пристроїв буде тільки зростати, що дає змогу досягнути нульового електроспоживання для таких будівель. Посилення

енергоефективності будинків досягається і через модернізацію вентиляційних систем та встановлення рекуператорів. Останні є пристроями нагрівання теплим повітрям приміщення холодного припливного повітря. Частина такої теплової енергії повертається у будівлю і таким чином витрачається менше енергії на її обігрів. Додатково заощадження теплової енергії можна досягнути встановленням систем регульованої подачі тепла, що встановлені на кожному обігрівальному пристрої або термодатчиків, які можна запрограмувати так, щоб регулювати температурний режим у приміщення у різний час доби (мінімальний, коли у будинку немає людей, знижений – у нічний час тощо) [83].

Варто ще раз наголосити на специфіці реалізації рішення про термомодернізацію індивідуальних будівель, адже таке рішення приймається власником, що з одного боку спрощує цей процес, з другого боку – фінансові витрати також несе власник а це є достатньо витратно. Більшості власників такого житла неможливо провести термомодернізацію без зовнішнього дофінансування, які в нашій державі реалізуються через державні програми підтримання реалізації заходів щодо підвищення енергоефективності будівель. Зокрема, успішними є програми видачі кредитів, взяті на заміну застарілого обладнання на сучасне та утеплення будинків. У таких програмах передбачено часткове погашення кредитних зобов'язань. З часом ці кошти окупляться, адже термомодернізація сприяє економії енергоресурсів і зменшенню коштів на їхню оплату, що в недалекому майбутньому покриє витрати на термомодернізаційні заходи.

Так само, як у випадку багатоквартирних будинків, для приватних садиб найбільш успішними варіантами термомодернізації є ті, які охоплюють комплексну реконструкцію будівель, тобто модернізацію зовнішніх конструкцій та внутрішніх інженерних мереж. Особливо вдалими є проекти, які використовують енергію з відновних джерел, якої є достатньо для забезпечення енергофункціонування будівлі. В Україні найширшу реалізацію встановлення альтернативних систем постачання енергії найчастіше реалізуються щодо приватних будинків, однак успішними є деякі варіанти термомодернізації

нежитлових приміщень. Так, є успішні приклади розташування сонячних батарей чи панелей на даху, встановлення геліосистеми нагрівання повітря [84].

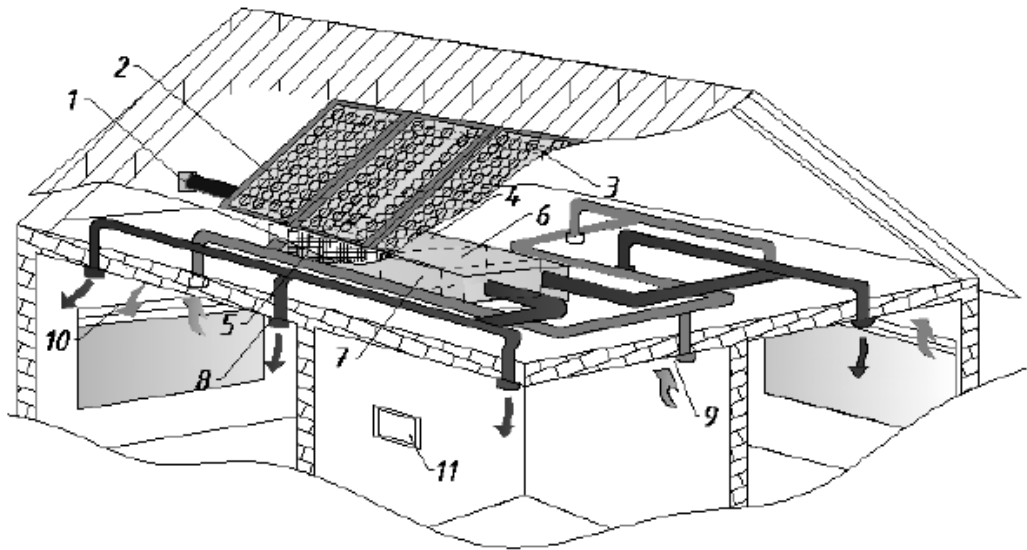


Рис. 20. Схема будівлі з фазовим теплоаккумулятором і сонячними колекторами: 1 – припливний повітропровід; 2 – повітряний сонячний колектор; 3 – припливний повітропровід; 4 – магістральний повітропровід з акумулюючим покриттям; 5 – повітряний фільтр; 6 - каналний електричний нагрівач; 7 – вентилятор; 8 – повітророзподільна решітка; 9 – повітрязабірна решітка; 10 – квартира для природної вентиляції; 11 – блок керування

Приклад конструкції даху і розташованими на ньому сонячними панелями, наведений на рис. 20. Завдяки теплопровідному шарі, який діє як акумулятор теплової енергії та розташування в ньому гофрованих трубопроводів для подавання та відведення теплоносія, будинок забезпечений енергією і є незалежним від зовнішнього тепlopостачання. Завдяки тому, що використовується сонячна енергія, така будівля є вуглецево нейтральною і не продукує викидів забруднюючих речовин і парникових газів в атмосферне повітря.

Наразі в Україні проведено комплексну термомодернізацію окремих багатоквартирних житлових будівель. Для зменшення витрат природних ресурсів, що необхідні для забезпечення енергопотреб будівель, зниження викидів забруднюючих речовин і парникових газів у повітря потрібно масштабувати процеси термомодернізації на житлові мікрорайони, нежитлові будівлі всіх населених пунктів.

## **РОЗДІЛ 4. ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ БУДІВЛІ ДЛЯ СКОРОЧЕННЯ ВИКИДІВ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ**

### **І ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН**

**(НА ПРИКЛАДІ КОРПУСУ № 2 ІНСТИТУТУ ДЕРЕВООБРОБНИХ ТЕХНОЛОГІЙ І  
ДИЗАЙНУ НАЦІОНАЛЬНОГО ЛІСОТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ УКРАЇНИ**

**(м. ЛЬВІВ, вул. ЗАЛІЗНЯКА, 11))**

Корпус № 2 навчально-наукового Інституту деревообробних технологій і дизайну НЛТУ України побудований на початку 1900-х років, тобто відноситься до старих будівель (рис. 21). Він належить до категорії будівель нежитлового державного сектору. Опалення цього корпусу здійснюється за допомогою котельні, яка як паливо для нагрівання води у батареях використовує природний газ – викопне паливо, яке характеризується найменшими викидами забруднюючих речовин в атмосферне повітря, однак спалювання якого дає значні обсяги викидів парникових газів, насамперед CO<sub>2</sub>.



Рис. 21. Корпус № 2 Інституту деревообробних технологій і дизайну НЛТУ України

Вже чотири роки котельня через технічні причини не функціонує, опалення корпусу не здійснюється в повній мірі, а лише точково, в окремих аудиторіях в певні години осінньо-зимового сезону. Така ситуація приводить до погіршення стану навчальних кабінетів, лабораторій, майстерень, де знаходиться

дороговартісне обладнання та верстати, які забезпечують проведення науково-дослідної роботи та лабораторних занять студентів. Можливі декілька шляхів забезпечення корпусу № 2 теплом за умови фінансування певних робіт. Опис різних варіантів, а також їхні переваги та недоліки наведені нижче.

**Варіант 1. Запуск роботи старої котельні** – не потрібно проводити роботи з побудови окремого приміщення, однак необхідним є як мінімум заміна фізично і морально застарілого газового котла, який споживає багато палива та здійснює викиди великих обсягів парникових газів і забруднюючих речовин в атмосферне повітря. Основним стримуючим моментом для відновлення його функціонування є неможливість дотримання правил техніки безпеки щодо цієї котельні, оскільки такі об'єкти заборонено розташовувати у підвальних приміщеннях.

**Варіант 2. Встановлення дахової котельні** – пропозиція стосується розташування котельні на горищі над четвертим поверхом. Спроекувати та обладнати її потрібно відповідно до сучасним вимог для забезпечення максимальної енергоефективності (сучасний газовий котел, система допоміжного обладнання тощо). Основним недоліком для такого розташування котельні є те, що четвертий поверх є надбудований набагато пізніше, тобто вже створений додатковий тиск на фундамент попередньо побудованої частини будинку і є ризики для проведення робіт, що підсилять такий тиск.

**Варіант 3. Побудова нового приміщення котельні на території корпусу** із встановленням двох котлів – основного газового та додатково твердопаливного на деревних гранулах. Другий котел міг би залучатись до опалення за відносно невисоких температур або додатково використовуватись, коли температура повітря назовні є дуже низькою. Перевагами функціонування такої котельні є менше споживання природного газу завдяки комплексному обладнанню котельні двома котлами, скорочення викидів CO<sub>2</sub> внаслідок функціонування котла на природній біомасі, яка визначається як вуглецево нейтральна. Останній пункт став би підсиленням для університету як «зеленого», оскільки мова йде про часткову відмову від викопного палива, яким є газ. Основними проблемами для запуску такої котельні стануть достатньо значні обсяги коштів, необхідні для

побудови приміщення, його обладнання котлами і допоміжним обладнанням, встановленням сучасного очисного обладнання для зменшення викидів забруднюючих речовин у димових газах, що потрапляють в атмосферне повітря.

**Варіант 4. Перехід на електричне опалення** можливо здійснити за допомогою електричних конвекторів або теплових pomp. Перевагою роботи такого типу опалення є те, що автоматично скорочується негативний вплив на якість атмосферного повітря від будівлі щодо викидів парникових газів і забруднюючих речовин. Основним викликом для запуску роботи такої котельні є висока вартість котла та необхідність проведення робіт по заміні кабелів, висока вартість електроенергії порівняно із газом (на даному етапі), поетапні віялові відключення світла через пошкодження об'єктів критичної інфраструктури внаслідок ракетних обстрілів сусідньою країною-окупантом.

На рис. 22 наведено схему, у якій відображені переваги і недоліки варіантів функціонування котельні для забезпечення опалення корпусу № 2.

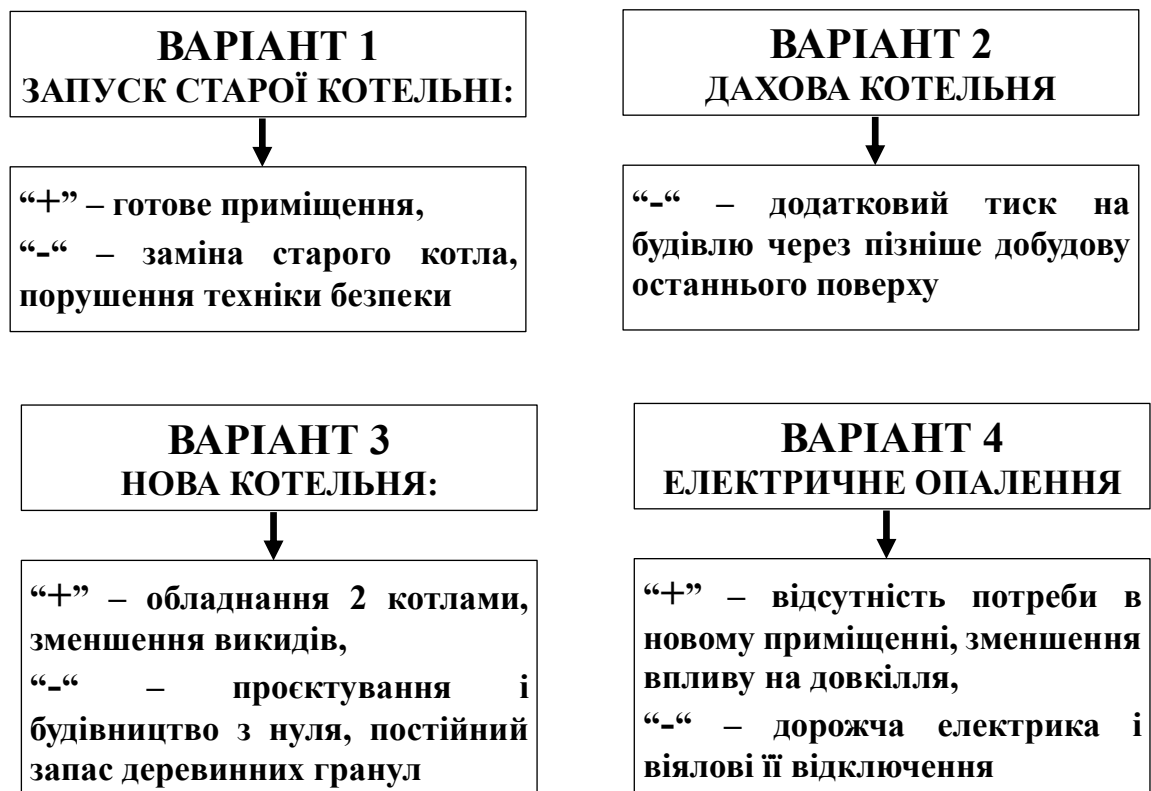


Рис. 22. Основні переваги та недоліки чотирьох варіантів котельень для забезпечення опаленням корпусу № 2 Інституту деревообробних технологій і дизайну НЛТУ України.

Але всі варіанти запуску вищеописаних котелень не мають сенсу без проведення її термомодернізації, яка дасть змогу значно підвищити енергоефективність будівлі, зменшивши витрати на оплату комунальних послуг щодо опалення та при цьому отримати значні скорочення викидів від будівлі парникових газів, насамперед CO<sub>2</sub>.

Проведення процесу термомодернізації вимагає об'єднаних зусиль колективу працівників, зокрема енергоаудиторів (для проведення енергетичного аудиту будівлі і визначення місць основних тепловтрат); інженерів-будівельників різного профілю, які виготовлять проєкт модернізації зовнішніх та внутрішніх конструкцій будинку, підберуть оптимальні матеріали для утеплення зовнішніх стін, ізоляції внутрішніх конструкцій; фахівців з технології захисту навколишнього середовища, які підберуть оптимальне газоочисне обладнання та спрогнозують можливі скорочення викидів парникових газів і забруднюючих речовин від роботи котельні; економістів, які оцінять вартість робіт на кожному етапі та підсумують вартість обладнання та матеріалів, які при цьому використовуються.

***Етапи для оптимального варіанту термомодернізації будівлі:***

- Розрахунок річного споживання енергії на потреби системи опалення за існуючої ситуації
- Проведення енергоаудиту будівлі
- Вибір заходів з теплової модернізації
- Розрахунок енергоефективності кожного заходу з термомодернізації
- Розрахунок вартості обладнання та матеріалів, необхідних для термомодернізації будівлі
- Розрахунок вартості робіт по термомодернізації

Починати варто із комплексу заходів, які можуть принести суттєву економію витрат енергоресурсів. Наприклад, для «Варіанту 1» вони включають:

- встановлення та налагодження роботи індивідуального теплового пункту, за допомогою якого можна регулювати температуру теплоносія в системі опалення залежно від сезону і часу доби (щодо існуючої котельні);

- утеплення трубопроводів,
- проведення гідравлічного балансування системи опалення
- заміна входних зовнішніх дверей і вікон у будівлі.

Для варіантів 2-4 – це заміна всіх зовнішніх дверей і вікон, утеплення внутрішніх інженерних конструкцій (даху, горища, підвалів)

Проведення енергоаудиту будівлі та розрахунок енергетичних показників здійснюється відповідно до [85]. Таке оцінювання можна здійснити за допомогою тепловізора, представленого на рис. 23, який планується закупити за кошти від гранту «ERASMUS+».



Рис. 23. Тепловізорний пристрій за допомогою якого проводиться оцінювання енергоефективності будівель (фото взяте із сайту [https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/energy-performance-buildings-directive\\_en](https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/energy-performance-buildings-directive_en))

У випадку обрання як робочого «Варіанту 3» для котельні виробництво деревинних гранул для забезпечення роботи твердопаливного котла можна спробувати реалізувати за допомогою потужностей навчально-виробничого комплексу «Страдцівський лісокомбінат», який є у структурі Національного лісотехнічного університету України. Господарська діяльність, що здійснюють у цьому підрозділі, характеризуються утворенням деревинних залишків, які можна переробляти на деревинні гранули. Вже вказувалось, що перероблення твердої вторинної біомаси на біопаливо скорочує викиди CO<sub>2</sub>, оскільки позиціонується як вуглецево нейтрально.

Кожен із запропонованих вище варіантів функціонування котельні для забезпечення потреб в опаленні корпусу Інституту деревообробних технологій і дизайну НЛТУ України потребує ретельного опрацювання, проведення детальних економічних розрахунків, оцінювання всіх «за» і «проти» для обрання такого варіанту, яким буде оптимальним щодо фінансових можливостей та екологічних вимог. Він також повинен задовольняти базові потреби викладачів, студентів та допоміжних працівників для комфортних умов навчання і праці, що відображається на їхньому самопочутті та здоров'ї.

## **РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ І БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ УМОВАХ**

Написання цього розділу велось відповідно до [86].

### **5.1. Дотримання охорони праці при обстеженні будівель для складання плану щодо їхньої термомодернізації.**

Складання плану щодо проведення заходів термомодернізації будівель вимагає їхнього огляду як всередині щодо обстеження стану інженерних конструкцій, так і ззовні – для проведення оцінювання енерговтрат будівлі за допомогою тепловізора. Обстеження всередині будівлі проводяться у підвальних приміщеннях, а також на горищі та даху. Стосовно перебування на останньому потрібно забезпечувати своє перебування, щоб уникнути падіння та можливого травмування. Це стосується всіх точок об'єкту щодо якого проводяться підготовчі роботи. При перебуванні у підвальному приміщенні треба слідкувати, щоб було забезпечене нормальне його освітлення, щоб уникнути обпікання від труб опалення та гарячого водопостачання, які тут розташовані, а також випадкових перечеплень та падінь, які можуть привести до отримання травм.

Опрацювання отриманих даних в офісному приміщенні повинно вестись із дотриманням роботи відповідно до Кодексу Законів про працю та Закону України «Про охорону праці» [87, 88]. Потрібні дотримуватись вимоги до розташування столів в офісних приміщеннях, забезпечення нормального мікроклімату всередині нього (освітленості, вологості, показників запиленості тощо), необхідно дотримуватись норм щодо запобігання негативному впливу шумового та електромагнітного забруднення від розташованих у офісі комп'ютерів, роутерів, принтерів та іншого.

### **5.2. Дотримання правил безпеки при виникненні надзвичайних ситуацій.**

Надзвичайна ситуація при обстеженні будівель може виникнути при виникненні загрози пожежі, вибуху або руйнування будинку. Чинники небезпеки можуть бути викликані побутовими причинами (витоки газу, несправна електропроводка, зберігання вибухонебезпечних речовин у приміщеннях) або бути спровокована ракетними обстрілами. У випадку виникнення таких небезпек

працівники зобов'язані негайно покинути будівлі і викликати відповідні аварійні та рятувальні служби. При оголошенні повітряної тривоги треба спустись в укриття, в якому перебувати до початку відбою.

## ВИСНОВКИ

1. Викиди парникових газів від будівель та будівельного сектору є одними із найбільших серед інших галузей економіки.
2. Термомодернізація будівель як одна із стратегій декарбонізації, що приводить до скорочення викидів парникових газів, насамперед застосовується до ринку старого житла.
3. Для досягнення максимального зменшення викидів парникових газів найбільш ефективними є заходи комплексної термомодернізації.
4. Застосування альтернативних джерел забезпечення теплом та електроенергією замість викопних не тільки скорочує викиди парникових газів, але й запобігає потраплянню в атмосферне повітря забруднюючих речовин.
5. На викиди парникових газів від будівель у країнах ЄС припадає третина від всіх викидів, а в Україні розрахунки викидів від будівель знаходяться в процесі оцінювання.
6. Ринок старого житла, яке потребує термомодернізації, в країнах ЄС складає понад 42% нежитлових будівель і 38% житлових будинків.
7. В Україні великий обсяг фонду старих будівель, енергоспоживання якого вдвічі перевищує цей показник від будівель країн ЄС.
8. Проведені заходи термомодернізації будівель дають значні зниження енерговитрат (до 40%) і скорочення викидів парникових газів (від 45-69%) в залежності від масштабів проведеної термомодернізації.
9. Кожен із варіантів запуску/побудови котельні для забезпечення опаленням корпусу № 2 Інституту деревообробних технологій і дизайну НЛТУ України має свої переваги і недоліки, однак без проведення термомодернізації досягти підвищення енергоефективності будівлі, зменшення оплати за комунальні послуги і негативного впливу на довкілля неможливо.

## Використана література

1. Environment. Statistical Information and Elaborations. - Central Statistical Office. – Warsaw, 2015.
2. Зміна клімату // <https://ukrayinska.libretexts.org>
3. Environmental Protection Agency. – [www.epa.gov](http://www.epa.gov), *Department of Energy*. [www.energy.gov](http://www.energy.gov)
4. IEA Buildings. 2022. <https://www.iea.org/reports/buildings>
5. Liang Yu, Li Ch, Liu Zh, Wang X, Zeng F, Yuan X, Pan Yu, Decarbonization potentials of the embodied energy use and operational process in buildings: A review from the life-cycle perspective, *Heliyon*, Volume 9, Issue 10, 2023, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e20190>.
6. D’Agostino, D. & Mazzarella, L. (2019) What is a Nearly zero energy building? Overview, implementation and comparison of definitions. *Journal of Building Engineering* 21, pp. 200–212, doi: 10.1016/j.jobe.2018.10.019.
7. Cabeza, L.F. & Ürge-Vorsatz, D. (2020) The role of buildings in the energy transition in the context of the climate change challenge. *Global Transitions* 2, pp. 257–260, doi: 10.1016/j.glt.2020.11.004.
8. Holck Sandberg, N., Sandstad Næss, J., Brattebø, H., Andresen, I. & Gustavsen, A. (2021) Large potentials for energy saving and greenhouse gas emission reductions from large-scale deployment of zero emission building technologies in a national building stock. *Energy Policy* 152, 112114, doi: 10.1016/j.enpol.2020.112114.
9. Jankovic, I., Mayer, A., Staniaszek, D. & Álvarez, X.F. (2022) *Ready for carbon neutral by 2050? Assessing ambition levels in new building standards across the EU*. Report. Brussels, BPIE.
10. Maduta, C., Melica, G., D’ Agostino, D. & Bertoldi, P. (2022) Towards a decarbonised building stock by 2050: The meaning and the role of zero emission buildings (ZEBs) in Europe. *Energy Strategy Reviews* 44, 101009, doi: 10.1016/j.esr.2022.101009.
11. Szymańska, E.J., Kubacka, M., Wozniak, J. & Polaszczyk, J. (2022) Analysis of Residential Buildings in Poland for Potential Energy Renovation toward Zero-Emission Construction. *Energies* 15(24), 9327, doi: 10.3390/en15249327.
12. Greenhouse gas emissions from energy use in buildings in Europe. 2023 // <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/greenhouse-gas-emissions-from-energy?activeAccordion=546a7c35-9188-4d23-94ee-005d97c26f2b>
13. Carbon Neutral Buildings // <https://www.nyserda.ny.gov/All-Programs/Carbon-Neutral-Buildings/Carbon-Neutral-Buildings-State-Fair>
14. M. Krarti, M. Aldubyan, Role of energy efficiency and distributed renewable energy in designing carbon neutral residential buildings and communities: case study of Saudi Arabia, *Energy Build.* 250 (2021), <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111309>.
15. ZEBRA 2020 Strategies for a nearly Zero-Energy Building market transition in the European Union.

16. Financing Building Energy Performance Improvement in Poland – Status Report, ВПІЕ, 2016.
17. Довгострокова стратегія термомодернізації будівель на період до 2050 року // <https://mtu.gov.ua/files> (з додатками)
18. Про енергозбереження | від 01.07.1994 № 74/94-ВР. zakon3.rada.gov.ua. Процитовано 20 липня 2017.
19. Настанова з виконання термомодернізації житлових будинків. bmr.gov.ua (en-EN) . Процитовано 20 липня 2017.
20. <https://uk.wikipedia.org/wiki/термомодернізація>
21. Термомодернізація житла як спосіб заощадити на тарифах // <http://vcs.vn.ua/httpvcsvnaadminscsgmenuitems.html>
22. Lis A. Thermal modernization of building resources in line with the transformation towards a climate-neutral economy in Polish conditions Article November 2023 *Zeszyty Naukowe* 2023, 76 (148), 5–16 ISSN 2392-0378 (Online) DOI: 10.17402/580
23. European Green Deal Policy Guide // <https://kpmg.com/ua/en/home/insights/2022/01/european-green-deal-policy-guide>
24. 'Renovation wave', *European Commission* ([https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/renovation-wave\\_en](https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/renovation-wave_en)) accessed November 12, 2021.
25. European Energy Agency (EEA) (2022): Greenhouse gas emissions from energy use in buildings in Europe (available online, retrieved March 2, 2023).
26. European Parliament (2010) Directive 2010/31/EU of The European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast). OJ 2010, L 153/13.
27. European Parliament (2018a) Directive 2018/844/EU of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings and Directive 2012/27/EU on energy efficiency. OJ 2018, L 156/75.
28. Kizyeyev, M., Soroka, V., Dovbenko, V., Novytska, O. & Protsenko, S. (2020) Energy auditing, certification and thermo-modernization of NUWEE buildings. *Construction of Optimized Energy Potential* 10(2), pp. 103-110, doi: 10.17512/bozpe.2020.2.12.
29. Vranay, F. & Vranayova, Z. (2020) Influence of heat source choice on building energy certification process and CO2 emissions. In Blikharskyu, Z., Koszelnik, P. & Mesaros, P. (eds.) *Proceedings of CEE 2019. CEE 2019. Lecture Notes in Civil Engineering* 47, pp. 541-548, Springer, doi: 10.1007/978-3-030-27011-7\_69.
30. Pawłowski, K. (2021) The thermal quality of construction joints with the balcony slab. *Construction of Optimized Energy Potential* 10(2), pp. 23-30, doi: 10.17512/bozpe.2021.2.03.

31. Pawłowski, K. (2023a) Example of formation of material sets in building casing elements for low energy buildings. *Materiały Budowlane* 608(4), pp. 41-44, doi: 10.15199/33.2023.04.09.
32. Savchenko, O., Voznyak, O., Myroniuk, K. & Dovbush, O. (2021) Thermal renewal of industrial buildings gas supply system. In Blikharsky, Z. (ed.). *Proceedings of EcoComfort 2020. EcoComfort 2020. Lecture Notes in Civil Engineering* 100, pp. 385-392. Springer, Cham, doi: 10.1007/978-3-030-57340-9\_47.
33. Zhelykh, V., Furdas, Y., Adamski, M. & Rebman, M. (2021a) Reducing Greenhouse Gas Emission through Energy-Saving Technologies for Heating Modular Buildings. *Environmental Sciences Proceedings* 9, 10, doi: 10.3390/environsciproc2021009010.
34. Zhelykh, V., Voznyak, O., Yurkevych, Y., Sukholova, I. & Dovbush, O. (2021b) Enhancing of energetic and economic efficiency of air distribution by swirled-compact air jets. *Production Engineering Archives* 27(3), pp. 171-175, doi: 10.30657/pea.2021.27.22.
35. Bochenek, A.D., Klemm, K. & Woźna, M. (2021) Assessment of effectiveness of selected adaptation actions to climate change. The example of the New Centre of Lodz. *Civil Engineering & Architecture / Budownictwo i Architektura* 21(4), pp. 25-42, doi: 10.35784/bud-arch.3150.
36. Bohdan, A. (2022) Green port impact of the development of the sustainability in port cities. *Scientific Journals of the Maritime University of Szczecin, Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Szczecinie* 71(143), pp. 132-140, doi: 10.17402/526.
37. European Parliament (2023) *Amendments adopted by the European Parliament on 14 March 2023 on the proposal for a directive of the European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings (recast) COM 0802*
38. European Commission (2019a) *Commission recommendation (EU) 2019/786 of 8 May 2019 on building renovation*. OJ 2019, L 127/34
39. European Commission (2019b) Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. *The European Green Deal*. COM 640.
40. European Commission (2020) Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. *A Renovation Wave for Europe – greening our buildings, creating jobs, improving lives*. COM 662
41. European Commission (2022a) Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. *REPowerEU Plan*. COM 230.
42. Деякі питання стратегічного розвитку енергетичної ефективності будівель Розпорядження Кабінету Міністрів України від 29 грудня 2023 р. № 1228-р Київ

43. Олійник С. Термомодернізація будівель має стратегію <https://ukurier.gov.ua/uk/news/termomodernizaciya-budivel-maye-strategiyu/>
44. Комплексна термомодернізація житла: великі плани в період безгрошів'я // <https://ua-energy.org/uk/posts/kompleksna-termomodernizatsiia-zhytla-velyki-planu-u-period-bezhroshiv>
45. Lis, A. (2019) The efficiency of energy-saving activities in the process of thermal modernization of multi-family buildings. *Construction of Optimized Energy Potential* 8(2), pp. 107–116, doi: 10.17512/bozpe.2019.2.12.
46. Pales, A.F., Bouckaert, S., Abergel, T. & Goodson, T. (2021) Net zero by 2050 hinges on a global push to increase
47. Wu, W. & Skye, H.M. (2021) Residential net-zero energy buildings: Review and perspective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 142, 110859, doi: 10.1016/j.
48. Attia, S., Kosiński, P., Wójcik, R., Węglarz, A., Koc, D. & Laurent, O. (2022) Energy efficiency in the Polish residential building stock: A literature review. *Journal of Building Engineering* 45, 103461, doi: 10.1016/j.job.2021.103461.
49. González-Torres, M., Pérez-Lombard, L., Coronel, J.F., Maestre, I.R. & Paolo, B. (2022) Activity and efficiency trends for the residential sector across countries. *Energy & Buildings* 273, 112428, doi: 10.1016/j.enbuild.2022.112428. energy efficiency. Paris, IEA.
50. Website von Eurostat zu den Anteilen erneuerbarer Energien (accessed on 03.03.2023); Climact (2023): Opportunities to get EU industry off natural gas quickly (available online, retrieved on 03.03.2023).
51. Analysis of successes in different sectors in Heiner von Lüpke and Karsten Neuhoff (2019): Ausgestaltung des deutschen Klimaschutzgesetzes: Grundlage für eine bessere Governance-Struktur. DIW Weekly Report No. 5 (available online).
52. Press release of the European Parliament from February 9, 2023, a.a.O.; Royal Institute of Chartered Surveyors (RICS) (2020): Energy efficiency of the building stock in EU (available online, retrieved on March 8, 2023).
53. Додаток 2 до Довгострокової стратегії термомодернізації будівель на період до 2050 року Огляд національного фонду будівель. 2023. 11 с. // [https://mtu.gov.ua/files/2.2.\\_Додаток\\_2.pdf](https://mtu.gov.ua/files/2.2._Додаток_2.pdf)
54. Додаток 1 до Довгострокової стратегії термомодернізації будівель на період до 2050 року Визначення кількісних цілей для термомодернізації фонду будівель // [https://mtu.gov.ua/files/2.1.\\_Додаток\\_1.pdf](https://mtu.gov.ua/files/2.1._Додаток_1.pdf)
55. Behr SM, Kucuk M. Neuhoff K. Accelerate thermal modernization of buildings with minimum standards for buildings and binding retrofitting targets Nr. 9 — 13.3.2023 // [https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw\\_01.c.868284.de/diw\\_focus\\_9.pdf](https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.868284.de/diw_focus_9.pdf)
56. Heinze GmbH Market Research (2023). HEINZE Baukonjunktur-Klima Bau, Einrichtung, Ausstattung.
57. Antonia Mannweiler (2022): Wer stellt die Wärmepumpen her? Tagesschau vom 12. August (available online, retrieved on March 7, 2023)

58. Heinze GmbH Market Research (2022): Herstellerbefragung zur Entwicklung von Produktionskapazität in Fokusbranchen, commissioned by the German Corporate Initiative on Energy Efficiency e.V. (DENEFF).
59. Statistics Poland (2023a) Energy efficiency in years 2011–2021. Warsaw, Rzeszow.
60. European Parliament press release, February 9, 2023: Energy performance of buildings: climate neutrality by 2050 (available online, retrieved on March 2, 2023).
61. Council of Ministers (2022) *Long-term building renovation strategy*. Supporting the renovation of the national building stock. Warsaw, Annex to Resolution No. 23/2022 of the Council of Ministers of February 9, 2022.
62. Statistics Poland (2011–2022) Civil engineering. Warsaw.
63. Statistics Poland (2013) National Census of Population and Housing from 2011. Warsaw.
64. Statistics Poland (2018) Development of methodology and realisation of a survey of a thermo-modernization activity scale in multi-dwelling residential buildings. Final Report. Warsaw.
65. PKO SA Bank (2021) Impact of the Fit for 55 package on the Polish economy. Warsaw.
66. Pawłowski, K. (2023b) Thermal modernization and renovation of existing buildings. *Izolacje* 5(28), pp. 66-77.
67. Energy Statistics. Statistical Information and Elaborations. - Central Statistical Office. – Warsaw 2015 – 294 p.
68. Environment. Statistical Information and Elaborations. - Central Statistical Office. – Warsaw, 2015.
69. Ferrara, M., Monetti, V. & Fabrizio, E. (2018) Cost-optimal analysis for nearly zero energy buildings design and optimization: a critical review. *Energies* 11(6), 1478, doi: 10.3390/en11061478.
70. Asdrubali, F., Ballarini, I., Corrado, V., Evangelisti, L., Grazieschi, G. & Guattari, C. (2019) Energy and environmental payback times for an NZEB retrofit. *Building and Environment* 147, pp. 461-472, doi: 10.1016/j.buildenv.2018.10.047.
71. Savchenko, O. & Lis, A. (2020) Economic indicators of a heating system of a building in Ukraine and Poland. *Construction of Optimized Energy Potential* 9(2), 97-102, doi: 10.17512/bozpe.2020.2.11.
72. Sadowska B. Effects of deep thermal modernization and use of renewable energy in public buildings in north-eastern Poland Engineering for rural development 2018. P.1870-1875 DOI: 10.22616/ERDev2018.17.N447
73. Ujma A., Lis A. Energy and ecological efficiency as a result thermal modernization of buildings, 2016 Lviv Polytechnic National University Institutional Repository <http://ena.lp.edu.ua> P.344-351.
74. Statistics Poland // <https://stat.gov.pl/en/topics/environment-energy/energy/>
75. Energy audits of buildings, National Energy Conservation Agency, Bialystok, November/December 2016

76. Сердюк В. Р. Бармалюк В. М. Актуальність термомодернізації житлових будинків перших масових серій // <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2020/paper/viewFile/8579/7169>
77. Термомодернізація житла: перші кроки // <https://www.pay.vn.ua/articles/86>
78. Погорєлова В. Термомодернізація будинку: тонкощі, які слід знати кожному // <https://eeplatform.org.ua/blog/post/termomodernizaciya-budinku-tonkoshchi-yaki-slid-znati-kozhnomu>
79. Витвицький О. Термомодернізація і енергоаудит в комунальному господарстві // <https://dda.dp.ua/2017/02/08/termomodernizatsiya-energoaudyt-v-komunalnomu-gospodarstvi/>
80. Олійник С. Рекордна енергомодернізація: багатоповерховий будинок-“термос” із сонячними панелями і вітрянками // <https://ua-energy.org/uk/posts/rekordna-enerhomodernizatsiia-bahatopoverkhovui-budynok-termos-iz-soniachnymu-paneliamy-i-vitriakamy>
81. Термомодернізація в Новояворівській громаді. січень 2024 // <https://enefcities.org.ua/novyny/termomodernizatsiya-v-novoyavorivskiy-gromadi/>
82. Реформи попри війну: як місто на Львівщині створило ОСББ в усіх будинках 26 лютого 2024 // <https://ua-energy.org/uk/posts/reformy-popry-viinu-iak-misto-na-lvivshchyni-stvorylo-osbb-v-usikh-budynkakh>
83. Термомодернізація індивідуальних одноквартирних будинків у сільській місцевості // [https://snabrezerv.ua/all\\_services/lessons/sistemy-otopleniya/termomodernizatsiya-individualnykh-odnokvartirnykh-domov-v-selskoy-mestnosti/](https://snabrezerv.ua/all_services/lessons/sistemy-otopleniya/termomodernizatsiya-individualnykh-odnokvartirnykh-domov-v-selskoy-mestnosti/)
84. Voznyak O., Kasynets M., Kozak Kh., Sukholova I., Dovbush O. Thermal modernization of heating system by using the solar roof. Theory and Building Practice. Vol. 2, №. 1, 2020. <https://doi.org/10.23939/jtbp2020.01.051>
85. ДБН В.2.6-31 "Теплова ізоляція та енергоефективність будівель"
86. Кшивецький Б.Я., Сторожук В.М., Маєвська О.М., Соколовський І.Я., Гайда С.В. Методичні рекомендації для підготовки магістерської кваліфікаційної роботи зі спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища». – Львів: НЛТУ України, 2023. – 44 с.
87. Кодекс законів про працю України. Документ чинний. Остання редакція від 27.09.2024 // <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/322-08#Text>
88. Закон України Про охорону праці. Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1992, № 49, ст.668 // <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text>