

# ОРГАНІЗАЦІЯ, УПРАВЛІННЯ ТА ЕКОНОМІКА В БУДІВНИЦТВІ

УДК 69.03

Г. С. Ратушняк<sup>1</sup>А. М. Очеретний<sup>2</sup>

## ЕНЕРГОАУДИТ БАГАТОПОВЕРХОВИХ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕПЛОВІЗІЙНИХ ЗЙОМОК

<sup>1</sup>Вінницький національний технічний університет<sup>2</sup>Концерн «Поділля»

*За результатами експериментальних досліджень тепловтрат житлових багатоповерхових будинків з різними конструкціями зовнішніх стін виконано їх енергоаудит. Аудит здійснено за допомогою тепловізора в найбільше холодний місяць, яким у 2017 році був січень. Заміри температури виконувались зовні, у середині приміщень та зовнішніх стін. Наведено приклади зображень термограм для різних елементів захисних конструкцій будівель та в різних точках, а також аналіз отриманих експериментальних результатів тепловізійних зйомок.*

**Ключові слова:** енергоаудит, огорожувальні конструкції, тепловізійна зйомка, термограми, тепловтрати, термічний опір.

### Вступ

Реалізація комплексної програми енергозбереження в Україні з метою зменшення витрат коштів на закупівлю імпортованих енергоносіїв передбачає дослідження та розроблення шляхів впровадження інноваційних технологій з термомодернізації житлових будинків [1,2,3]. Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є компетентний енергоаудит, який передбачає обстеження будівель, вивчення теплотехнічних особливостей їх огорожувальних конструкцій, інструментальні заміри тепловтрат й впровадження енергоефективних заходів з врахуванням природно-кліматичних умов регіону, джерел енергопостачання тощо [4,5]. Актуальною проблемою в житлово-комунальній середі м. Вінниця, як в цілому в Україні, є підвищення енергоефективності багатоповерхових житлових будинків, яких у місті понад дві тисячі [6], шляхом зменшення тепловтрат.

Метою роботи є визначення за результатами інструментального тепловізійного енергоаудиту багатоповерхових житлових будинків з різним виконанням утеплення огорожувальних конструкцій величин та характеру розподілення тепловтрат в різних місцях зовнішніх елементів фасадів будівель.

### Постановка задачі

В м. Вінниця впродовж останніх років реалізуються комплексні програми в напрямку енергоефективності та енергозбереження з метою покращення якості надання енергетичних послуг. Оптимізація схем енергопостачання, скорочення втрат енергоносіїв в теплових мережах, підвищення якості послуг, що надаються населенню міста, є основними завданнями ефективного функціонування паливно-енергетичного комплексу міста. До прикладу, установами бюджетної сфери м. Вінниці у 2016 році було передбачено ряд заходів з підвищення енергоефективності на загальну суму біля п'яти мільйонів гривень (табл. 1).

В результаті реалізованих заходів з підвищення енергоефективності будівель в бюджетній сфері очікується скорочення споживання енергії на 422 мВт/рік та зменшення викидів оксиду вуглецю на 114 т/рік. При цьому економічний ефект складе до одного мільйона гривень (рішення Вінницької міської ради від 30 грудня 2016 року "Про хід виконання Плану дій зі сталого енергетичного розвитку міста Вінниці до 2020 року).

В подальшому реалізація програми енергозбереження неможлива без підвищення енергоефективності існуючих багатоповерхових житлових будинків шляхом їх термомодернізації. Проект термомодернізації будинків потребує детального енергоаудиту їх огорожувальних конструкцій, який може бути реалізований шляхом тепловізійного обстеження з метою виявлення фактичного термічного опору будівлі в цілому, а особливо її зовнішніх конструктивних елементів (стін, вікон, дверей, покриття та перекриття тощо).

Таблиця 1

**Заходи з підвищення енергоефективності реалізовані в бюджетній сфері м. Вінниці в 2016 році**

№ п/п	Заходи з підвищення енергоефективності	Обсяги робіт	Вартість заходів, тис.грн.
1	Заміна вікон на енергозберігаючі, м <sup>2</sup> (одиниць)	1372,58 (384)	1373,7
2	Заміна дверей на енергозберігаючі, м <sup>2</sup> (одиниць)	62,4 (23)	132,7
3	Ремонт покрівлі(перекриття), м <sup>2</sup>	1669	1347,841
4	Утеплення стін теплоізоційними матеріалами, м <sup>2</sup>	2239,96	1634,88
5	Встановлення тепловідбивних екранів, м <sup>2</sup>	90	2,8
6	Утеплення підлоги, м <sup>2</sup>	563	48,2
7	Ремонт систем опалення		280,66
8	Заміна приладів освітлення на енергозберігаючі, одиниць	894	129,76

**Основна частина**

Для тепловізійного обстеження багатоповерхових житлових будинків обрано найхолодніший місяць для нашої природнокліматичний – січень, який приймається за розрахунковий для складання теплового балансу приміщень в холодний період року.

Січень 2017 року видався досить холодним для України в цілому та для м. Вінниці зокрема. Спостерігалася нестабільність температурного режиму, що визначилась трьома періодами з температурою істотно нижче кліматичної норми: з 6 по 9 січня, 26 і 27 січня, 30 і 31 січня. Найхолодніше було на Різдво 7 січня, коли мінімальна температура опустилась до -18,7 градусів морозу, а найтепліше – 2 січня, коли максимальна температура піднялась до +3,4 °С (рис. 1). Опадів випало 32 мм, що склало 67% кліматичної норми.

Вищевказана погода у Вінниці є сприятливою для проведення замірів у житлових будинках теплових втрат через огорожувальні конструкції. Для цього у 10 житлових будинках з різним технологічним виконанням зовнішніх огорожувальних конструкцій протягом січня 2017 року проведено енергоаудит.

Тепловізійну зйомку здійснено за допомогою тепловізора testo 882 (виробництва Німеччина) серійний №02203528. Основною перевагою приладу є висока термочутливість (NETD) 0,06 °С, що дозволяє проводити поглиблений професійний енергоаудит, відображення можливих місць утворення вологи, функція ізотерми (відображення одним кольором обраної температури), функція TwinPix (накладання ІЧ зображення на видиме). Підвищена якість зображення досягається за рахунок ІЧ фото, на основі яких формується зображення в SuperResolution (запатентована технологія testo), що немає нічого спільного з простими алгоритмами, які просто “розтягують” або апроксимують зображення. Тепловізор має русифіковане меню та оснащений програмою IrSoft російською мовою (основна функція програми — накладання реального та інфрачервоного зображень, побудова температурних профілей, нанесення маркерів температури, складання професійних звітів).

На зображеннях нижче показано приклад здійснення вимірювання (рис. 2, 3, 4) та обробки результатів (табл. 2, 3, 4).

t, град

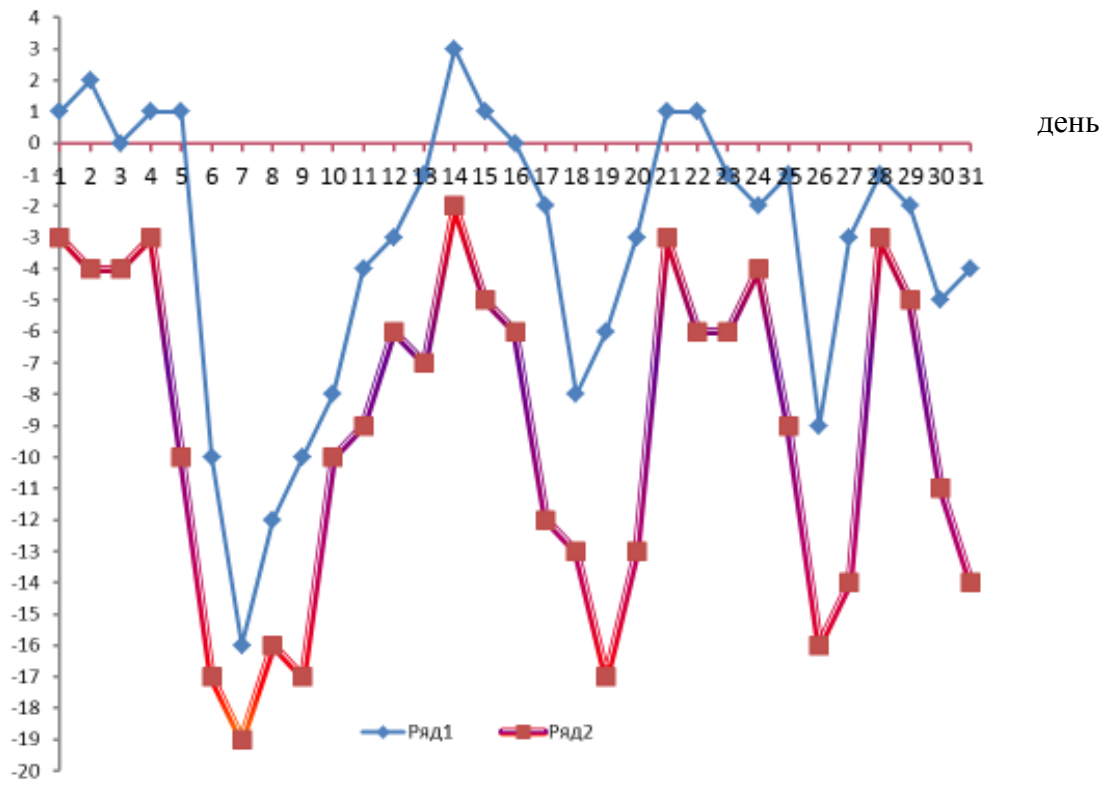
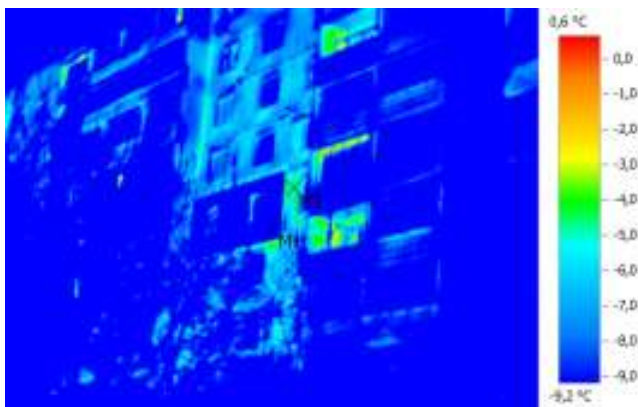
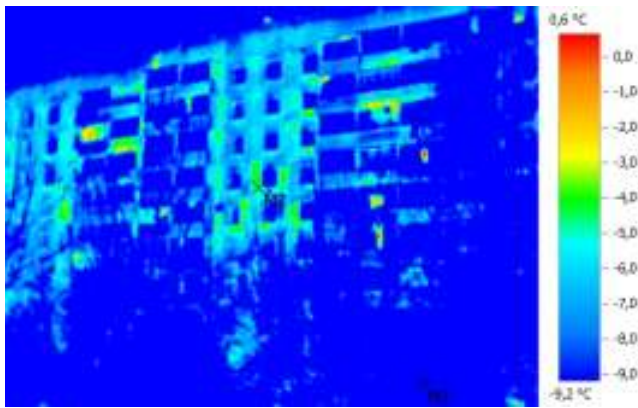


Рис. 1. Добовий хід температури повітря у січні в м. Вінниця



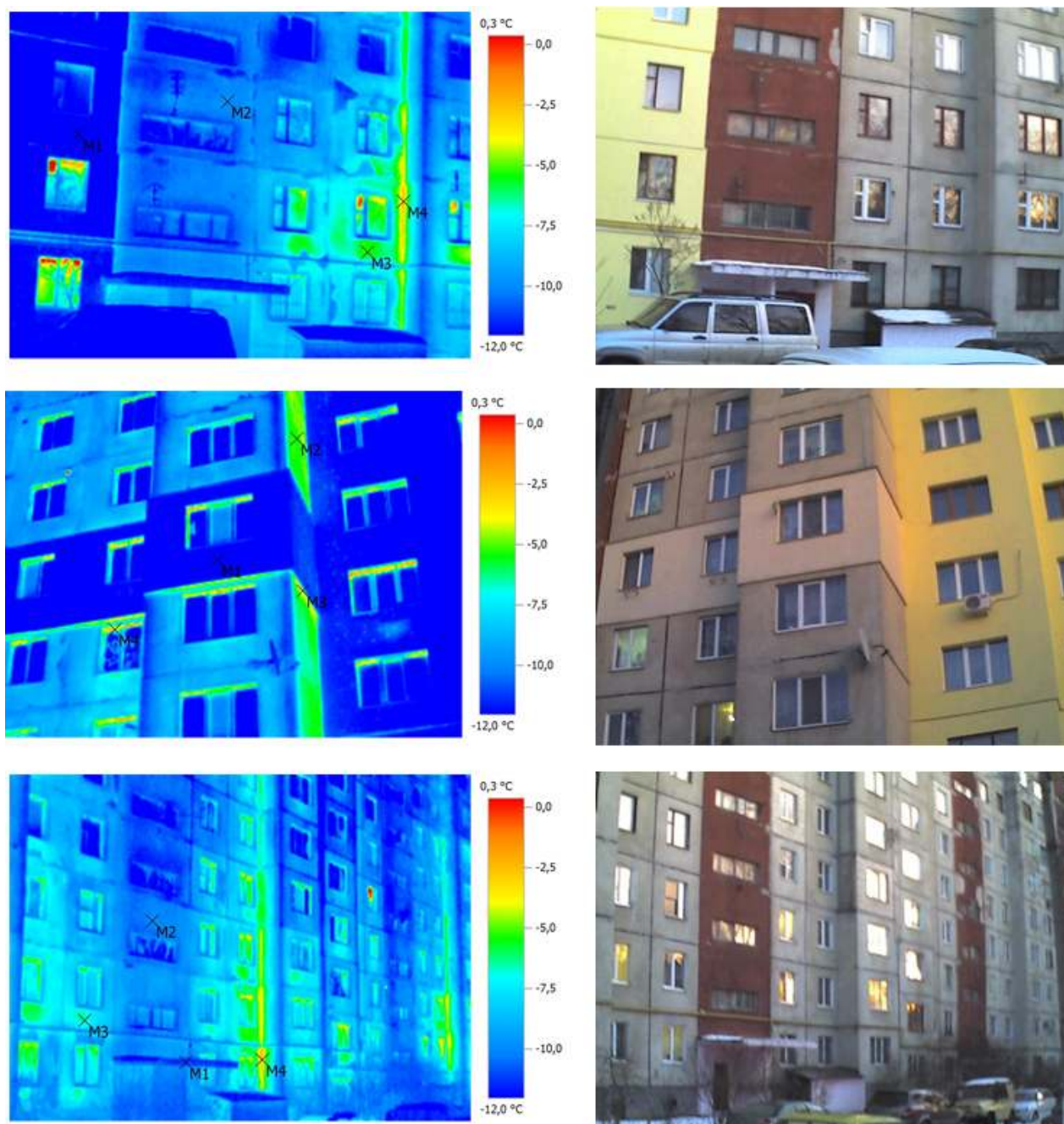
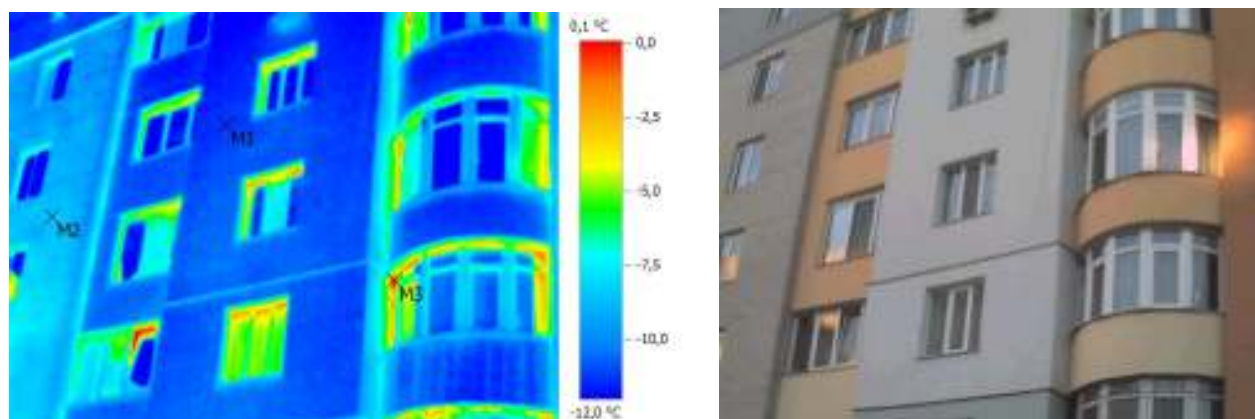


Рис. 2. Термограма зовнішніх огорожувальних конструкцій житлового будинку по вул. Пирогова, 89А, кількість поверхів – 10, введено в експлуатацію в 1994 році





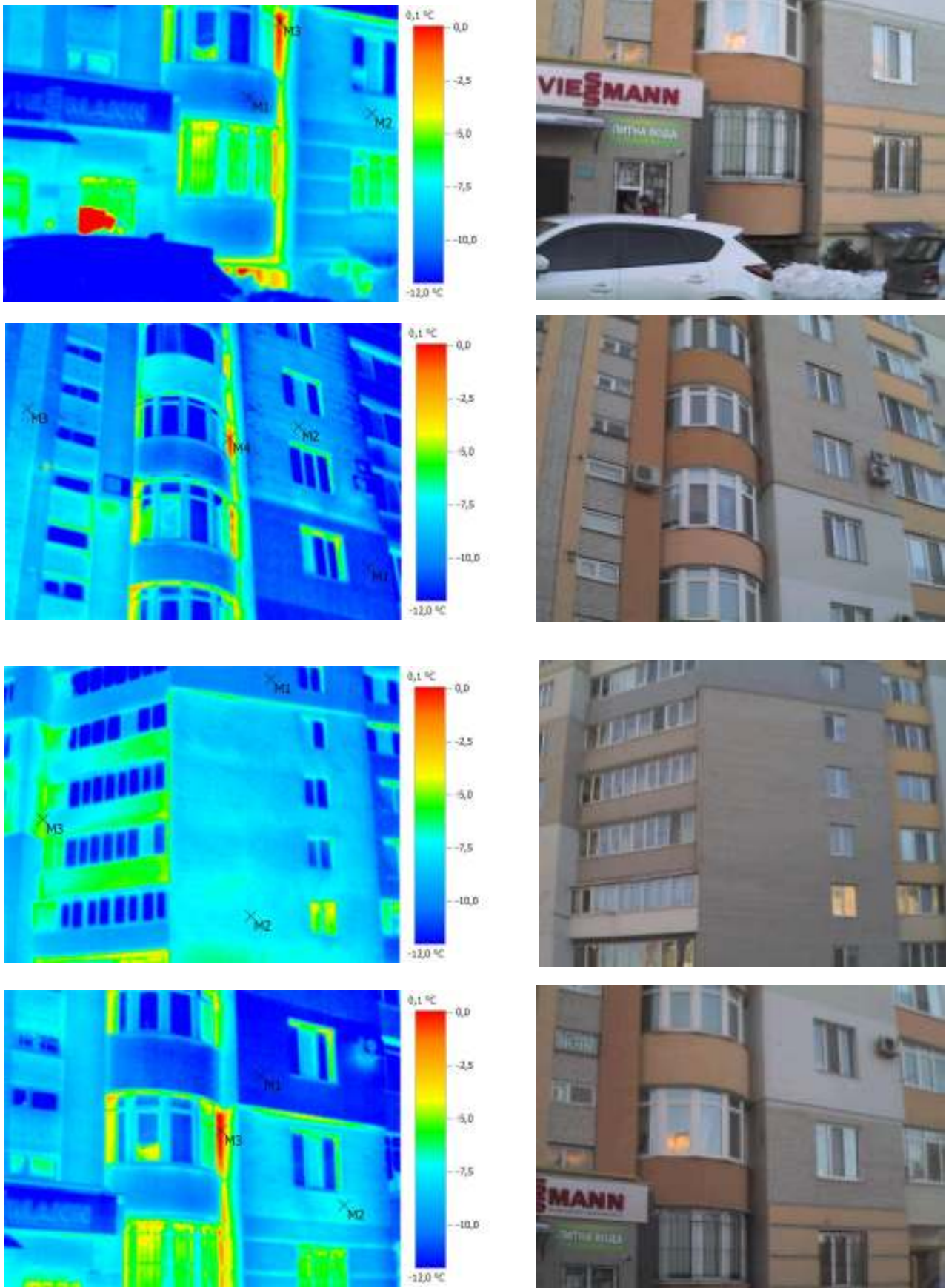
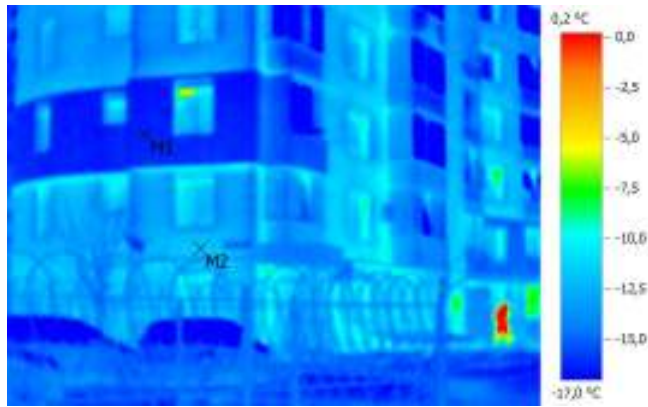
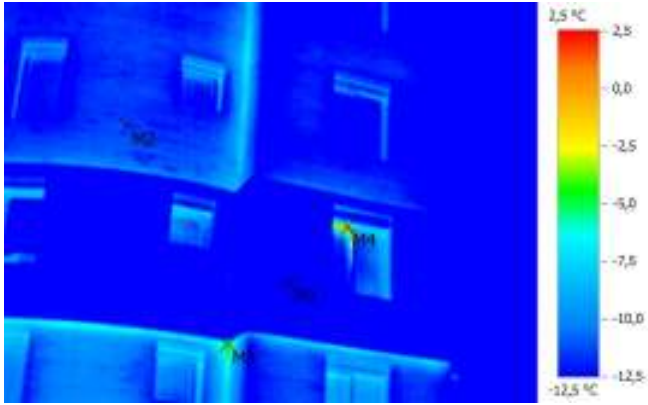


Рис. 3. Термограма зовнішніх огорожувальних конструкцій житлового будинку по вул. Академіка Ющенка, 16, кількість поверхів – 9, введено в експлуатацію в 2005 році



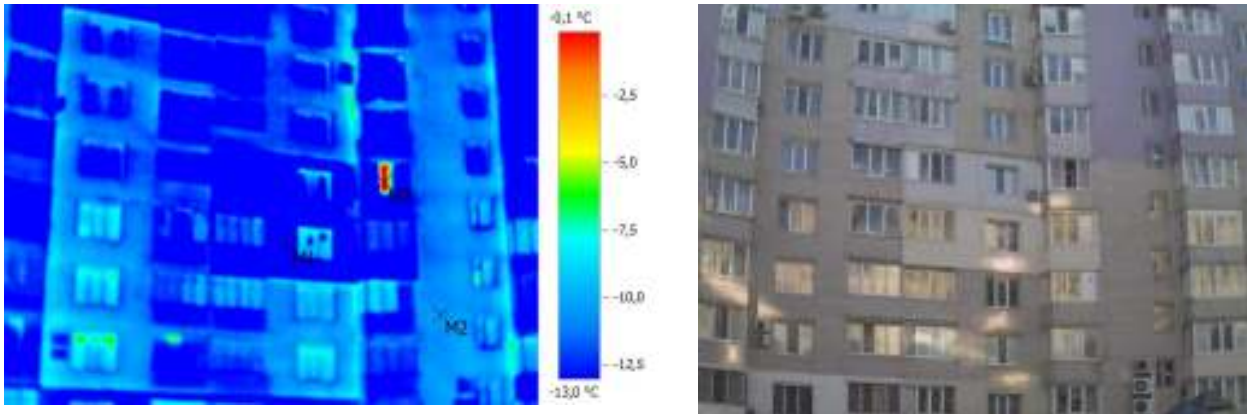


Рис. 4. Термограма зовнішніх огорожувальних конструкцій житлового будинку по вул. Академіка Ющенка, 12, кількість поверхів – 9, введено в експлуатацію в 2006 році

Таблиця 2

**Результати термоаудиту будинку по вул. Пирогова, 89а**  
 $T_{вн}=18^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{зов}=-11^{\circ}\text{C}$  26.01.17

№з амі ру	Заміри *С												Огороджувальні конструкції	
	Фасад				Горище			Підвал			Під'їзд			
	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	1	2		3
1	-11,3	-4,2			відсутній доступ			5,7	11, 1		13,9	16, 1	16,9	-панель збірна; --вікна дерев'яні, місцями металопластикові; - вхідні двері у під'їзди — утеплено 50мм пінопласт.
2	-13,9	-4,3						7,2	12		1	4,2	10,5	
3	-12,6	- 10,1	-5,4	-3,2										
4	-11,2	-9,9	-6,6	-2,5										
5	-11,9	-5,5	-3,9	-3,2										
6	-12,4	-2,8	-5,4	-3,3										

Таблиця 3

**Результати термоаудиту в будинку по вул. Академіка Ющенка, 16**  
 $T_{зов}=-11^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{вн}=19^{\circ}\text{C}$  26.01.17

№з амі ру	Заміри *С												Огороджувальні конструкції	
	Фасад				Горище			Підвал			Під'їзд			
	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	1	2		3
1	-11,3	-8,5	0,1		3	4,7	11	10, 9	13, 3	16, 4	-1	6,5	8,4	-цегла силікатна; -внутрішнє утеплення “Юніпор” 50мм; -вікна металопластикові (5 камер -профіль, 2 камери — склопакет); -перекриття 9 поверху — утеплювач пінобетон 100 мм; - вхідні двері у під'їзди — утеплено 50мм пінопласт.
2	-11,1	-8,5	0,5		2,7	5	10,8				-2	6,2	10,3	
3	-11,2	-9,3	-9,1	-0,5							12,4	13, 0	13,4	
4	-11,5	-7,4	0,5								-0,5	3,6	11,5	
5	-10,3	-7,4	-5											
6	-10,6	-8,2	-6,7											



Результати термоаудиту будинку по вул. Академіка Ющенка, 12

№за міру	Заміри *С												Огороджуючі конструкції	
	Фасад				Горище			Підвал			Під'їзд			
	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	1	2		3
1	-14	-10	-6,3	-3.7	2,9	5,9	10				-3,4	9	18	-цегла силікатна; -внутрішнє утеплення "Юніпор" 50мм; -вікна металопластикові (5 камер -профіль, 2 камери — склопакет); -перекриття поверху — утеплювач пінобетон 100 мм; - вхідні двері у під'їзди — утеплено 50мм пінопласт.
2	-13,9	-11,5	-3.3	-1.4	-3	2.2	5,3				15,8	15, 7	17.7	
3	-16,3	-11,8									-1.4	5.8	16,5	
4	-15.4	-10.2	-5.5								1.8	4.4	7.9	
5	-13,7	-9.9	-6,9											
6	-14,6	-10,5	3.4											

Результати обробки матеріалів тепловізійних зйомок (табл. 2,3,4) свідчать про суттєві коливання температур фасадів будівель, на горищі, в підвалах та під'їздах, а також у входах в під'їзди.

Температура в різних точках замірів для різних елементів огорожувальних конструкцій змінювалась для фасадів від  $-15,4^{\circ}\text{C}$  до  $+0,5^{\circ}\text{C}$ , для горища від  $-3,0^{\circ}\text{C}$  до  $+10,8^{\circ}\text{C}$ , для під'їздів від  $-3,4^{\circ}\text{C}$  до  $+18,0^{\circ}\text{C}$ , а у входах в під'їзди від  $-14,0^{\circ}\text{C}$  до  $+0,3^{\circ}\text{C}$ .

Значення фактичного термічного опору визначалися за залежністю

$$R_{\phi} = \frac{T_{\text{вн}} + T_{\text{зов}}}{g}, \quad (1)$$

де  $T_{\text{вн}}$ ,  $T_{\text{зов}}$  – відповідно температура внутрішнього в приміщенні та зовнішнього повітря,  $^{\circ}\text{C}$  (табл. 2,3 та 4),

$g$  – величина теплового потоку,  $\text{Вт}/\text{м}^2$ , яка обчислювалася за формулою

$$g = \frac{T_{\text{вн}} - T_{\text{ст}}}{R_{\text{пр}} - 1/\alpha}, \quad (2)$$

де  $T_{\text{ст}}$  – температура зовнішньої поверхні стіни визначена за результатами тепловізійної зйомки,  $^{\circ}\text{C}$ , та береться як середня із шести замірів в чотирьох точках (табл. 2,3,4),

$R_{\text{пр}}$  – значення проектного термічного опору з врахуванням конструктивного виконання огорожувальних конструкцій (табл. 2,3 та 2,4),  $\text{м}^2 \cdot \text{к}/\text{Вт}$ ;

$\alpha$  – коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні стіни, який визначається з врахуванням швидкості вітру,  $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{K}$  [7].

Абсолютні значення відхилення фактичного термічного опору від огорожувальних зовнішніх стінових конструкцій визначаються як

$$\Delta R = R_{\phi} - R_{\text{пр}}. \quad (3)$$

Результати енергоаудиту зовнішніх огорожувальних стінових конструкцій багатопверхових житлових будинків наведено в табл. 5.



Теплоізоляційні характеристики зовнішніх стінових огорожувальних конструкцій

Будинок	Температура, °С			Термічний опір, м <sup>2</sup> К/Вт			
	T <sub>вн</sub>	T <sub>зов</sub>	T' <sub>ст</sub>	R <sub>нр</sub>	R <sub>ф</sub>	R <sub>н</sub>	ΔR
вул. Пирогова, 89А	+18	-11	-6,7	2,3	2,5	3,3	-0,8
вул. Академіка Ющенка, 16	+19	-11	-6,6	2,7	2,7	3,3	-0,6
вул. Академіка Ющенка, 12	+22	-12	-8,2	2,7	2,9	3,3	-0,4

Порівняльний аналіз теплоізоляційних характеристик зовнішніх стінових огорожувальних конструкцій, отриманих за результатами тепловізійних зйомок багатоповерхових житлових будинків, свідчить що відхилення фактичного термічного опору від нормативного становить до 25%. Це перевищує допустимі нормативні значення питомих тепловтрат. Тому з метою підвищення енергоефективності багатоповерхових житлових будинків, що побудовані протягом останніх 20-30 років, доцільним є впровадження інноваційних енергозберігаючих заходів.

### Висновки

- Незважаючи на вжиті концерном «Поділля» організаційно-технологічні заходи з підвищення термічного опору огорожувальних конструкцій при зведенні багатоповерхових житлових будинків, результати енергоаудиту з використанням тепловізійних зйомок свідчать що енергоефективність цих будівель не відповідає в повній мірі сучасним світовим стандартам.
- Термомодернізація існуючих житлових багатоповерхових будинків з метою підвищення їх енергоефективності повинна ґрунтуватися на науково-обґрунтованих рішеннях з впровадження сучасних матеріалів та технологій. Це дозволить суттєво зменшити витрати енергоносіїв для підтримання в будівлях комфортного теплового режиму в холодний період року, а відповідно затрати коштів мешканців на опалення квартир.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бешинська О. В./ Оцінка якості теплоізоляційних характеристик огорожувальних конструкцій існуючих будівель / О. В. Бешинська, Г. С. Ратушняк // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання // Вип. 9. – К.: КНУБА. – 2000. с. 107-111.
2. Фаренюк Г. П. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огорожувальних конструкцій / Г. П. Фаренюк – К.: Гамма-Принт, 2009. – 137 с.
3. Проектування. Настава з розроблення та складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції. ДСТУ – НБА.2.2.-5: 2007 (текст) – Офіц. вид. – К.: Мінбуд України. 2007. – 135 с.
4. Дудар І. Н. Енергозбереження в міському будівництві. Ч. 1 / І.Н. Дудар, Л. В. Кучеренко, В.В. Швець. – Вінниця: ВНТУ, 2015. – 57 с.
5. Ратушняк Г. С. Управління проектами енергозбереження шляхом термомодернізації будівель: навч. посіб. / Г.С. Ратушняк, О. Г. Ратушняк. – Вінниця: Універсум-Вінниця, 2006. – 120 с.
6. Ратушняк Г. С. / Оцінка доцільності підвищення термічного опору огорожувальних конструкцій багатоповерхових житлових будинків / Г. С. Ратушняк, А. М. Очеретний // Вісник ВПІ. – 2016. - №6. – с. 11-16.
7. ДБН В.2.6 – 31:2006. Конструкції будівель і споруд. Теплова ізоляція будівель. К.: Держбуд, 2006. – 69 с.

*Ратушняк Георгій Сергійович* – к.т.н., професор, декан факультету будівництва, теплоенергетики та газопостачання Вінницького національного технічного університету.

*Очеретний Андрій Михайлович* – заступник генерального директора концерну «Поділля».

**G. Ratushnyak<sup>1</sup>**

**A. Ocheretnyy<sup>2</sup>**

## ENERGOAUDIT OF MULTI STORAGE RESIDENTIAL HOUSES USING THERMAL SURVEYS

<sup>1</sup>Vinnitsa National Technical University

<sup>2</sup>Podillia Concern

*According to the results of experimental studies of residential multi-storey buildings with different designs of external walls, their energy audit was performed. The energy audit was performed using a thermal imager in the coldest month, which in January was January. Temperature measurements were carried out outside, inside rooms and outside walls. Examples of thermogram images for different elements of building protective structures and at different points are given, as well as analysis of the experimental results of thermal imaging surveys.*

**Keywords:** energy audit, enclosing structures, thermal imaging, thermograms, heat loss, thermal resistance.

**Ratushnyak Georgiy** - Ph.D., Professor, Dean of the Faculty of Construction, Heat and Power and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University.

**Ocheretniy Andrei** - Deputy General Director of the Concern "Podillia".

**Г. С. Ратушняк<sup>1</sup>**

**А. М. Очеретний<sup>2</sup>**

## **ЭНЕРГОАУДИТ МНОГОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕПЛОВИЗИОННЫХ СЪЕМОК**

<sup>1</sup>Винницкий национальный технический университет

<sup>2</sup>Концерн «Подилля»

*По результатам экспериментальных исследований жилых многоэтажных зданий с разными конструкциями внешних стен выполнено их энергоаудит. Энергоаудит выполнено с помощью тепловизора в наиболее холодный месяц, которым в 2017 году был январь. Измерения температуры осуществлялись снаружи, внутри помещений и внешних стен. Приведены примеры изображений термограмм для разных элементов защитных конструкций зданий и в разных точках, а также анализ полученных экспериментальных результатов тепловизионных съемок.*

**Ключевые слова:** энергоаудит, ограждающие конструкции, тепловизионная съемка, термограммы, теплопотери, термическое сопротивление.

**Ратушняк Георгий Сергеевич** – к.т.н., профессор, декан факультета строительства, теплоэнергетики и газоснабжения Винницкого национального технического университета.

**Очеретный Андрей Михайлович** – заместитель генерального директора концерна «Подилля».