

УДК 697.1

DOI: 10.25140/2411-5363-2019-1(15)-278-288

Олексій Терещук, Євгеній Сахно, Юлія Щербак, Дарія Зимовець

**ПРОВЕДЕННЯ ТЕПЛОВІЗІЙНОГО МОНІТОРИНГУ  
ЕНЕРГООЩАДНОСТІ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД**

**Актуальність теми дослідження.** Процес побудови сучасних систем моніторингу енергоощадності муніципальних будівель є актуальним питанням сучасної дійсності, що зумовлене зростанням кількості споживачів енергії, її ціною та постійним збільшенням обсягів інформації, що визначають параметри енергоощадності, а також розвитком інформаційних ресурсів і сервісів, які можуть використовуватися в системі енергозбереження.

**Постановка проблеми.** На сучасному етапі розвитку України постає проблема економії теплових ресурсів, що дозволяє знизити ціну на енергоносії та забезпечити енергетичну незалежність держави. У зв'язку з цим питання експрес-оцінки енергоефективності будівель та споруд набуває першочергового значення. Тому визначення класу енергоефективності, побудова тепловізійних діаграм та створення рекомендацій щодо енергозахисту будівельного об'єкта є проблемою цього дослідження.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У роботі були розглянуті останні публікації з цієї теми, які представлено у відкритому доступі, включаючи чинні нормативні документи.

**Виділення недосліджених частин загальної проблеми.** Питання щодо оцінки класу енергоефективності муніципальних об'єктів, зокрема навчального корпусу ЧНТУ, вивчено недостатньо. Від якісного вирішення цього питання залежатиме температура в аудиторіях, що впливатиме на якість роботи викладачів та студентів, а також економію державних коштів на опалювання будівлі в зимовий період.

**Постановка завдання.** Визначення теплотехнічних показників будівлі, класу енергоефективності та проведення тепловізійного моніторингу будівельної споруди.

**Виклад основного матеріалу.** Для проведення тепловізійного моніторингу енергоефективності будівлі було визначено геометричні параметри 22 корпусу ЧНТУ, на основі яких проводився розрахунок теплотехнічних показників будівлі з подальшим експериментальним визначенням тепловізійних діаграм та їх обробкою в програмному комплексі.

**Висновки відповідно до статті.** На основі досліджень виконано моніторинг енергоефективності муніципальної будівлі, визначено комплексні показники енергоефективності та отримано клас енергоефективності будівельної споруди. Виконано експериментальні дослідження енергоефективності будівлі за допомогою тепловізора марки Testo 875v-1i (серійний номер 20441348), з обробкою результатів у програмі IRSoft. Дослідження показали, що основні втрати енергії припадають на вікна та батареї корпусу, що необхідно враховувати при плануванні заходів з енергозахисту.

**Ключові слова:** моніторинг; енергоощадність; тепловізор; тепловізійна зйомка.

Рис.: 3. Табл.: 7. Бібл.: 8.

**Актуальність теми дослідження.** Проблема збору та обробки поточної інформації про стан енергоощадності будівель і розробка рішень щодо зниження енерговитрат є доволі трудомісткою задачею і часто не під силу людському інтелекту. Теж саме стосується і команди енергоощадного проекту та розробників інформаційно-вимірювальної системи (ІВС), оскільки виникає необхідність здійснення взаємодії між елементами системи. Чим детальніше розробляється модель, тим складніше виконувати навігацію по ній та підтримувати цілісність її даних, крім того, при прийнятті управлінських рішень неможливо гарантувати відсутність помилок.

При проектуванні систем моніторингу енергоощадності будівель треба зазначити, що раціональний розподіл функцій між людиною (експерт, що знімає показники тепловізора) та системою прийняття управлінських рішень залежить від організації їх взаємодії при вирішенні поставленого завдання. Ефективність автоматизованого управління даною системою може зменшитися через складність ЕОМ оперувати значною експериментальною інформацією та невизначеними параметрами. Зважаючи на вищевикладене, доцільно проводити виміри параметрів енергоефективності та застосувати ІС для обробки отриманої інформації.

**Постановка проблеми.** На сучасному етапі розвитку України постає проблема економії теплових ресурсів, що дозволяє знизити ціну на енергоносії та забезпечити енергетичну незалежність держави. У зв'язку з цим питання експрес-оцінки енергоефективності будівель та споруд набуває першочергового значення. Тому визначення класу енергоефективності, побудова тепловізійних діаграм та створення рекомендацій щодо енергозахисту будівельного об'єкта є проблемою цього дослідження.

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В статті проаналізовано державні стандарти, державні будівельні норми та інший керівний матеріал [1-4], в якому висвітлено нормативні положення щодо енергозахисту будівель та споруд. У [5] визначено роль моніторингу в будівництві, головною метою якого є отримання інформації про статистичні й динамічні характеристики об'єктів будівництва, технологічні процеси і засоби будівельного виробництва з наступною їх обробкою для отримання варіантів управлінських рішень. Тепловізійну зйомку, як сучасний метод контролю теплових втрат будівлі, що дозволяє оцінити стан теплоізоляційних властивостей огорожувальних конструкцій та отримати достовірну інформацію в доступній, візуально зрозумілій формі розглянуто в джерелі [6]. Завдання, яке вирішується авторами доповіді [7], передбачає комплексний підхід у межах єдиного інформаційного простору та поєднує в собі процеси тепловізійної діагностики будівель та споруд, оцінку енергоефективності з врахуванням державних та європейських стандартів і процесів прийняття управлінських рішень із реконструкції об'єкта. Вибір інтегрованого середовища та створення прототипу інформаційного забезпечення тепловізійного моніторингу розглянуто в [8].

**Виділення недосліджених частин загальної проблеми.** Процеси організації та проведення моніторингу малоповерхових будівель треба розглядати як єдиний інформаційний автоматизований комплекс, який дає можливість зменшення енерговитрат та економії фінансових ресурсів на опалення. При цьому новизна наведених досліджень полягає в проведенні моніторингу будівель з метою створення інформаційної системи, яка базується на принципах нечіткого моделювання, і яку рекомендується використовувати в тому випадку, коли об'єкт управління та його зовнішнє середовище являє собою комплекс складних процесів і факторів, що істотно впливають один на одного. Ключовим засобом аналізу результатів тепловізійного моніторингу будівель та споруд є визначення впливу різноманітних факторів на об'єкт управління для переведення системи з початкового стану в кінцевий.

**Постановка завдання (цілей статті).** Завданням цієї статті є визначення теплотехнічних показників будівлі, класу енергоефективності та проведення тепловізійного моніторингу будівельної споруди. Вихідними даними для виконання завдання є: план триповерхового навчального корпусу № 22 ЧНТУ, що розташований за адресою: м. Чернігів, вул. Белова, 4; температурні дані; тепловізор марки Testo 875v-1i, серійний номер 20441348; програмне забезпечення для термографії IRSoft4.3.

**Виклад основного матеріалу.** Загальновідомо, що в процесі моніторингу енергоощадності будівель активно використовуються ІС візуального спостереження (суб'єктивні оцінки), фотографії, аудіозапис (суб'єктивний коментар оператора або об'єктивне відображення звукової картини будівництва), відеозйомка, комп'ютерний і екранний моніторинг. Канал передачі даних моніторингу в будівництві може бути одноразовим або багаторазовим (повторюваним або циклічним). Вимірювані й передані дані можуть бути представлені в аналоговій або цифровій формі. Ланцюг передачі даних може бути єдиним (провідник, оптоволоконні лінії та ін.) або являти собою сукупність модулів, які можуть вимагати перетворення переданого сигналу (перекодування, посилення сигналу і ін.).

Вимірювальна технологія реалізує проведення процесу вимірювань на базі використання ІС та отримання результату і похибки вимірювань. На рис. 1 наведено послідовність перетворення інформації при проведенні моніторингу енергоефективності будівель та споруд.



Рис. 1. Послідовність перетворення інформації про об'єкт дослідження

Основні завдання при реалізації технології моніторингу можна сформулювати так [6]:

1. Забезпечення нормованих метрологічних характеристик функціонування ІС як засобу вимірювання.
2. Перетворення вихідної інформації об'єкта вимірювань за допомогою первинних вимірювальних перетворювачів у вимірювальну інформацію (вимірювальні сигнали).
3. Перетворення вимірювальних сигналів у дані вимірювань відповідними пристроями порівняння для наступної передачі, накопичення, зберігання й обробки.
4. Обробка даних вимірювань пристроями ІВС та визначення результатів.
5. Використання отриманих результатів вимірювань для подальшого вирішення завдань контролю, діагностики, розпізнавання, ідентифікації, управління та ін.
6. Захист інформації для досліджень на всіх етапах її трансформації, передачі й обробки апаратно-програмними засобами ІС.

При обстеженні будівельного комплексу важливим завданням є проведення масового й оперативного обстеження фактичного теплотехнічного стану будівель, фактичного розподілу температур (температурних полів) по поверхні зовнішніх огорожувальних конструкцій будівель і споруд. Подібні обстеження покликані допомогти:

- виявити найбільш несприятливі місця, через які спостерігаються підвищені тепловтрати;
- визначити фактичний опір теплопередачі як усього будинку загалом, так і окремого розглянутого фрагмента (вузла, стику).

На початковому етапі моніторингу є потреба у визначенні геометричних характеристик будівельного об'єкта (навчальний корпус № 22) та тепловізійній зйомці внутрішніх приміщень і фасадів корпусу з метою виявлення найбільш несприятливих місць, через які спостерігаються підвищені тепловтрати. Загальну інформацію про будівлю та розрахункові умови її функціонування наведено в табл. 1, 2, 3.

Таблиця 1

*Загальна інформація про навчальний корпус № 22 ЧНТУ*

<b>Дата заповнення (число, місяць, рік)</b>	<b>17.01.2019</b>
Адреса будівлі	м. Чернігів, вул. Белова, 4
Розробник проекту	Сахно Є. Ю.
Призначення будівлі, серія	нежитлова
Поверховість	3-поверхова
Конструктивне рішення	Панельні блоки, облицьовані керамічною плиткою; дерев'яний дах покритий руберойдом, з захисним шаром керамзиту. Вікна металопластикові – аудиторії 215, 216, 217, інші – дерев'яні

Таблиця 2

*Розрахункові умови функціонування навчального корпусу № 22 ЧНТУ*

№ з/п	Найменування розрахункових параметрів	Позначення символу	Одиниці виміру	Розрахункове значення
1.	Розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування теплозахисту	$t_z$	К	-23
2.	Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період	$t_{оп}$	К	-1,4
3.	Тривалість опалювального періоду	$z_{оп}$	доб/год	185
4.	Градусо-доба опалювального періоду	ГДОП	К·доб/год	3959
5.	Розрахункова температура внутрішнього повітря для проектування теплозахисту	$t_v$	К	20

## Геометричні показники будівлі

№ з/п	Показник	Позначення і одиниці вимірювання	Розрахункове (проектне) значення
1.	Сума площ поверхів будинку	$A_{оп}, м^2$	2619,90
2.	Площа кабінетів	$A_k, м^2$	1524,50
3.	Опалювальний об'єм	$V_{оп}, м^3$	9668,77
4.	Коефіцієнт зашкленого фасаду будівлі	$f$	0,22
5.	Показник компактності будівлі	$K_{комп}, м^{-1}$	0,52
6.	Загальна площа зовнішніх огорожувальних конструкцій будівлі	$A_3^{сум}, м^2$	5066,32
7.	в тому числі :		
	фасадів	$A_{фас}, м^2$	2222,34
	вікон та балконних дверей	$A_{ок}, м^2$	641,25
	вхідних дверей	$A_{дв}, м^2$	6,25
	покриттів (суміщених)	$A_{покp}, м^2$	1098,24
	горищ	$A_{гор}, м^2$	1098,24
8.	Вікон по сторонах світу:		
	Північ	$A_{півн}, м^2$	116
	Захід	$A_з, м^2$	142,37
	Схід	$A_с, м^2$	182,88
	Південь	$A_{півд}, м^2$	200

При проведенні розрахунку площами вхідних дверей ( $A_{дв}$ ) у загальному розрахунку можна знехтувати, оскільки їх площа становить 0,055 % від загальної площі огорожувальних конструкцій.

Тоді коефіцієнт скління фасаду будівлі буде:

$$f = \frac{A_{вікон}}{A_{фас} + A_{вікон}} = 0,22. \quad (1)$$

Показник компактності будівлі:

$$K_{комп} = \frac{A_3^{сум}}{V_{оп}} = 0,52. \quad (2)$$

На основі даних ДБН [2] обираємо теплотехнічні показники будівлі даного типу та заносимо їх до табл. 4. Нормовані значення  $R_{req}$  приведенного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій розраховуються за формулою:

$$R_s = \alpha \cdot D_d + b, \quad (3)$$

де для зовнішньої стіни:  $R_{req} = 2,79 \text{ м}^2\text{К/Вт}$ ; для скління:  $R_{req} = 0,45 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$ ; для перекриттів:  $R_{req} = 3,68 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$ ; для горищ:  $R_{req} = 4,18 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$ .

У табл. 5 наведено допоміжні показники для проведення подальших розрахунків. Загальний коефіцієнт теплопередачі будівлі  $Вт/(м^2 \text{ К})$  визначається за формулою:

$$K_{заг} = \frac{1}{A_3^{сум}} \cdot \sum_i (n_{t,i} \cdot \frac{A_{ф,i}}{R_{o,i}^{np}}) = 0,483 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}), \quad (4)$$

$A_{ф,i}$  – площа відповідного фрагмента теплозахисної оболонки;  $R_{o,i}^{np}$  – розрахунковий опір теплопередачі  $i$ -того фрагмента.

## Теплотехнічні показники

№ з/п	Показник	Позначення та одиниці вимірювання	Нормоване значення	Розрахункове(проектне)значення
1.	Приведений опір тепловіддачі зовнішніх огорож, в тому числі:	$R_0^{np}$ , м <sup>2</sup> · К/Вт		
	стін	$R_{0,ст}^{np}$	2,79	3,23
	вікон	$R_{0,вік}^{np}$	0,45	0,51
	вхідних дверей	$R_{0,вх.дв}^{np}$	-	-
2.	Перекриттів (з'єднаних)	$R_{0,перек}^{np}$	3,68	4,18
	горищ	$R_{0,гор}^{np}$	4,18	4,59

Таблиця 5

## Допоміжні показники

№ з/п	Показники	Позначення та одиниці виміру	Розрахункове проектне значення показника
1.	Загальний коефіцієнт теплопередачі будівлі	$K_{заг}$ , Вт/(м <sup>2</sup> · К)	0,483
2.	Середня кратність повітряного обміну будівлі за опалювальний період при питомій нормі повітряного обміну	$n_n$ , ч <sup>-1</sup>	0,617
3.	Питома побутові тепловиділення в будівлі	$q_{побут}$ , Вт/ м <sup>2</sup>	17

Середня кратність повітряного обміну будівлі за опалювальний період  $n_n$ , ч<sup>-1</sup> розраховується за формулою:

$$n_n = \frac{\left[ \frac{L_{вент} \cdot n_{вент}}{168} + \frac{G_{інф} \cdot n_{інф}}{168 \cdot 1,3} \right]}{\beta_V \cdot V_{он}} = 0,617 \text{ (ч}^{-1}\text{)}, \quad (4)$$

де  $L_{вент}$  – кількість проточного повітря,  $n_{вент}$  – кількість годин роботи вентиляції,  $G_{інф}$  – кількість фільтруючого повітря,  $n_{інф}$  – кількість годин інфільтрації протягом тижня.

На основі даних ДБН проводимо розрахунок питомих показників енергоефективності будівель. Питома теплозахисна характеристика будівлі розраховується за формулою:

$$k_{заг} = K_{ком} \cdot K_{заг} = 0,251 \text{ Вт/(м}^3 \cdot \text{К)}. \quad (5)$$

Питома вентиляційна характеристика будівлі розраховується за формулою:

$$k_{вент} = 0,28 c_n \beta_V \rho_e^{вент} (1 - k_{эф}) = 0,18 \text{ Вт/(м}^3 \cdot \text{К)}, \quad (6)$$

де  $c_n$  – питома ємність повітря,  $n_n$  – середня кратність повітря, яке надходить до будівлі,  $\beta_V$  – коефіцієнт зниження об'єму повітря,  $\rho_e^{вент}$  – середня щільність повітряного обміну будівлі.

Питома характеристика побутових тепловиділень будівлі розраховується за формулою:

$$k_{побут} = \frac{q_{побут} \cdot A_k}{V_{он} \cdot (t_B + t_{он})} = 0,13 \text{ Вт/(м}^3 \cdot \text{К)}. \quad (7)$$

Питома характеристика теплонадходжень у будівлю від сонячної радіації розраховується за формулою:

$$k_{рад} = \frac{11,6 \cdot Q_{рад}^{zod}}{V_{он} \cdot ГДОП} = 0,076 \quad Вт/(м^3 \cdot К), \quad (8)$$

де  $Q_{рад}^{zod}$  – теплонадходження через вікна від сонячної радіації за опалювальний період, МДж/год, для чотирьох фасадів будівлі.

Коефіцієнти опалення та комплексні показники наведено в табл. 6 та 7.

Для визначення класу енергоефективності розрахуємо питому витрату теплової енергії на опалення й вентиляцію будівлі за опалювальний період  $q$ , кВт·ч/(м<sup>3</sup>·год) за формулою:

$$q = 0,024 \cdot ГДОП \cdot q_{он}^p = 30,50 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/(\text{м}^3 \cdot \text{год}), \quad (9)$$

де  $q_{он}^p$  – розрахункова питома характеристика витрат теплової енергії на опалення і вентиляцію будівель за опалювальний період, визначається за формулою:

$$q_{он}^p = [k_{заг} + k_{вент} - (k_{побут} + k_{рад}) \cdot \nu \zeta](1 - \xi)\beta_h = 0,321. \quad (10)$$

Таблиця 6

Коефіцієнти опалення

№ з/п	Показники	Позначення	Нормативне значення показника
1.	Коефіцієнт ефективності авторегулювання опалення	$\zeta$	0,7
2.	Коефіцієнт, що враховує зниження теплоспоживання нежитлових будівель при наявності кабінетного обліку енергії на опалення	$\xi$	0,1
3.	Коефіцієнт ефективності рекуператора	$k_{ef}$	0,4
4.	Коефіцієнт, що враховує зниження використання теплонадходжень у період перевищення їх над тепловтратами	$\nu$	0,8
5.	Коефіцієнт обліку додаткових систем опалення	$\beta_h$	1,13

Витрати теплової енергії на опалення й вентиляцію будівлі за опалювальний період  $Q_{он}^{год}$ , кВт·ч/год, необхідно визначати за формулою:

$$Q_{он}^{год} = 0,024 \cdot ГДОП \cdot V_{он} \cdot q_{он}^p = 294898,8 \quad \text{кВт} \cdot \text{ч}/\text{год}. \quad (11)$$

І тоді клас енергозбереження визначається за формулою:

$$(q_{он}^p - q_{он}^{mp})/q_{он}^p \cdot 100\% = -16\%. \quad (12)$$

Згідно з табл. 7 клас енергоефективності В.

Сучасні технології дозволяють визначити місця понаднормових тепловтрат будівлі, даючи можливість провести правильну модернізацію і вийти на розумний рівень енергоспоживання. До таких технологій відноситься тепловізійна зйомка, яка являє собою сучасний метод контролю теплових втрат будівлі, який дозволяє оцінити стан теплоізоляційних властивостей огорожувальних конструкцій та отримати достовірну інформацію в доступній та візуально зрозумілій формі. Цей інструмент діагностики будівель останні кілька років дуже затребуваний в ЄС та поступово набуває популярності в Україні [8].

Таблиця 7

Комплексні показники

№ з/п	Показники	Позначення показника та одиниці вимірювання	Значення показника
1	2	3	4
1.	Питома витрата теплової енергії на опалення і вентиляцію будівлі за опалювальний період	$q$ , кВт·ч/(м <sup>3</sup> ·год)	30,5
2.	Розрахункова питома характеристика витрати теплової енергії на опалення і вентиляцію за опалювальний період	$q_{он}^p$ , Вт/(м <sup>3</sup> ·К)	0,321

1	2	3	4
3.	Витрати теплової енергії на опалення і вентиляцію будівлі за опалювальний період	$Q_{оп}^{год}$ , кВт·ч/год	294898,8
4.	Нормова (базова) питома характеристика витрат теплової енергії на опалення і вентиляцію будівлі	$q_{оп}^{тр}$ , Вт/(м <sup>3</sup> ·К)	0,16
5.	Клас енергозбереження	В	
6.	Чи відповідає проект будівлі нормативним вимогам теплозахисту	Так	

Основними етапами тепловізійного обстеження є:

1. Внутрішня зйомка – найбільш важливий етап, тому що тільки при внутрішній зйомці виявляється понад 90 % дефектів пов'язаних із порушенням технології спорудження будинку, зйомка проводиться не вибірково, а кожної стіни (крім внутрішніх перегородок).

2. Зовнішня зйомка потрібна здебільшого для виявлення дефектів фасадів і в крайньому випадку дефектів утепленої покрівлі.

3. Обробка результатів, полягає в комп'ютерній обробці отриманих термограм. Після обробки термограм на них чітко видно місця дефектів, їхні якісні та кількісні характеристики.

4. Створення звіту, де фахівець обробляє класифікацію дефектів, визначає причину їх виникнення, а також дає рекомендації щодо їх усунення [7].

Об'єктом дослідження в цій науковій роботі було обрано триповерховий корпус № 22 Чернігівського національного технологічного університету, що розташований на вулиці Белова, 4 м. Чернігова. У досліджах брали участь представники підприємства «Теплопар+» та студенти 3-го курсу гр. ВР-151, спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія», спеціалізація «Гідротехніка (водні ресурси)» навчально-наукового інституту будівництва. Було проведено 120 замірів втрат тепла як із зовнішнього боку будівлі, так і всередині приміщення за допомогою тепловізора Testo 875-1i, серійний номер 60470428.

Тепловізійне обстеження дозволяє:

- проконтролювати роботу теплоізоляції будинку;
- виявити місця появи конденсату на внутрішніх поверхнях приміщення;
- розрахувати необхідну кількість і підібрати тип утеплювача;
- виявити засмічення опалювальних систем;
- виявити місця протікання дахів і труб;
- визначити наявність, розмір і джерело тріщин у стінах;
- визначити неякісну установку віконних і дверних блоків;
- проконтролювати герметичність віконних склопакетів;
- знайти причину підвищеної вологості або сухості клімату всередині будівлі;
- відстежити стан електропроводки для усунення слабких контактів, які можуть викликати пожежу при нагріванні від навантажень;
- знайти місця проживання гризунів та інших небажаних співмешканців.

Умови проведення тепловізійної зйомки такі :

- різниця внутрішньої температури приміщення й температури навколишнього середовища має становити не менше за 15 °С (тобто якщо у будинку 20 °С, то на вулиці повинно бути не більше ніж 5 °С);
- вимірювання проводяться рано-вранці чи пізно ввечері (через 2–3 години після заходу сонця);
- погода повинна бути сухою, без туману чи опадів, допустима швидкість вітру – до 2 м/с;

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

- у внутрішніх приміщеннях необхідно підтримувати рівномірну температуру (усередині будівлі двері мають бути відчинені, а всі вікна – зачинені);
- рекомендується підтримувати навантаження системи опалення без змін, починаючи за 4–5 годин до обстеження та під час нього [5].

На рис. 2 наведено результати тепловізійного моніторингу 22 корпусу ЧНТУ, представлено основні елементи будівлі, що мають надвисокі витрати теплової енергії.

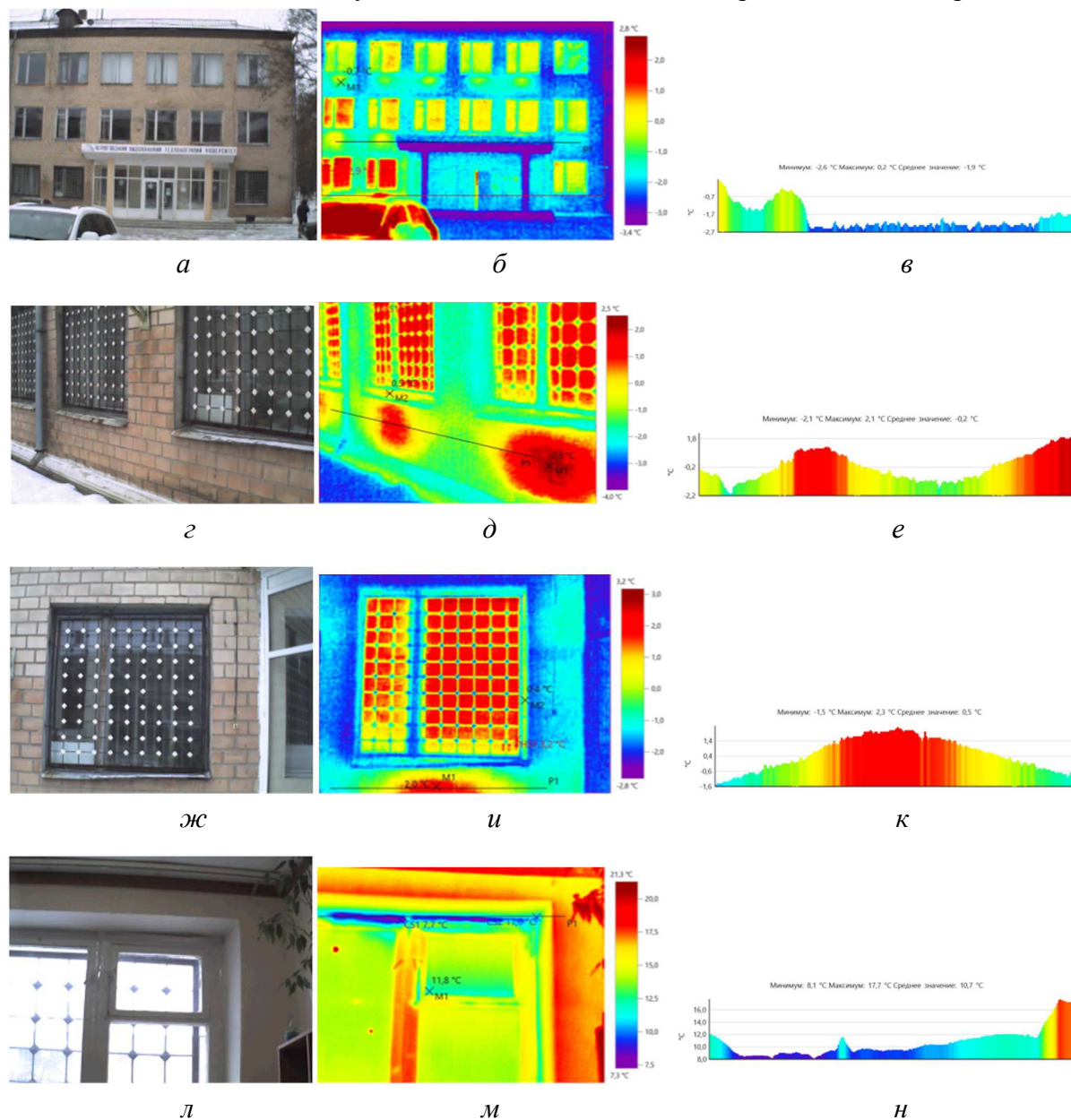


Рис. 2. Результати тепловізійної зйомки будівлі:

а – загальний вид корпусу № 22 ЧНТУ; б – втрати тепла в огорожувальних конструкціях; в – зміна температури уздовж лінії профілю; г – фасад корпусу № 22 ЧНТУ; д – втрати тепла від батарей; е – зміна температури від батареї по лінії профілю; ж – вікно фасаду корпусу № 22 ЧНТУ; и – втрати тепла від вікна, та від віконної рами; з – зміна температури вікна уздовж лінії профілю; л – вікно всередині корпусу; м – вихід холоду через вікно та віконну раму; н – зміна температури вікна уздовж лінії профілю

Проведені тепловізійні випробування дадуть значний економічний ефект і дозволяють заощадити витрати коштів і матеріалів на ремонт. Проведення тепловізійних обстежень має широкий суспільний резонанс, привертає увагу мешканців мікрорайонів і громадськості, привчає їх до розуміння проблеми енергозабезпечення, економії ресурсів,



оцінку об'єктивності вибору рішення адміністрацією міста, енергетиків, ЖКГ та інших служб. Таким чином, проведене тепловізійне обстеження будівель і споруд дозволило виявити такі елементи, які й є основними при втраті теплової енергії: недостатній рівень утеплення конструкції; наявність дефектів цегляної кладки; можливе порушення в місцях з'єднання елементів збірних конструкцій; недоліки в перекриттях будівель; витоку тепла через засклені ділянки та віконні прорізи конструкції; місця скупчення зайвої вологи.

Програмне забезпечення для термографії IRTSoft дозволяє з легкістю обробляти інфрачервоні зображення і проводити їх аналіз на ПК (рис. 3). Функції всебічного аналізу призначені для професійної обробки термограм. Так, наприклад можливе подальше коректування коефіцієнтів випромінювання різних матеріалів для певних ділянок зображення до окремих пікселів. Щоб візуалізувати критичні значення температури на зображенні, аналітичне ПЗ дозволяє виділяти значення температури, але вони не попадають у заданий діапазон. Крім того, можна задавати необмежену кількість точок вимірювання, відображати гарячі або холодні точки і робити голосові коментарі до термограми [8].

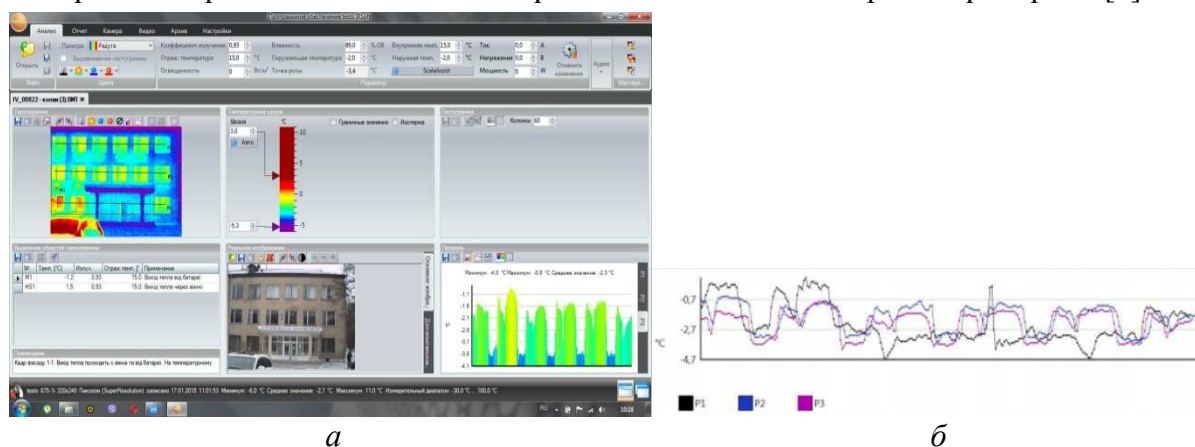


Рис. 3. Результати отриманих даних у програмі обробки IRTSoft:

- а) результати тепловізійної зйомки в програмі IRTSoft;  
б) зміна температури будівлі вздовж лінії профілю

Після обробки отриманих даних за допомогою програмного забезпечення «TestoSoftware» було виявлено основні «точки холоду» в будівлі (рис. 2, 3), які показали, що основні втрати тепла припадають на стики панелей перекриття з фасадами будівлі, вікна та опалювальні батареї, які світяться яскраво червоним світлом на фасаді споруди.

**Висновки відповідно до статті.** У результаті проведених досліджень отримані характеристики будівлі, які дозволяють оцінити її енергоефективність. При цьому, коли будівля має високий клас енергозбереження, це дозволяє виділяти на неї менше теплове навантаження, і, як наслідок, зменшуються витрати на опалення. Встановлено, що процес моніторингу передбачає застосування значної кількості різномірних параметрів, що є важливою проблемою при розробленні інтегрованої інформаційної системи зі створення єдиного інформаційного автоматизованого простору з діагностики, аналізу енергоефективності та прийняття рішень щодо реалізації енергоощадного проекту з реконструкції. Проведено експериментальні дослідження енергоефективності будівлі за допомогою тепловізора марки Testo 875v-1i, серійний номер 20441348, з обробкою результатів у програмі IRTSoft. Дослідження показали, що основні втрати енергії припадають на вікна та батареї корпусу, що необхідно враховувати при плануванні заходів з енергозахисту.

#### Список використаних джерел

1. ДБН В.2.6-31:2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. [Чинний від 2006-09-09]. Київ: Мінбуд України, 2006. 65 с.

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

2. ДСТУ 2155-93. Енергозбереження. Методи визначення економічної ефективності заходів з енергозбереження. [Чинний від 01.01.95]. Київ: Держстандарт України, 1994. 18 с.
3. ДСТУ Б.В.2.7-38-95. Матеріали і вироби будівельні теплоізоляційні. Методи випробувань. [Чинний від 03.04.96]. Київ: Держкоммістобудування України, 1996.
4. Порядок ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. 141 с.
5. Маргасов Д. В., Сахно Є. Ю. Вибір інтегрованого середовища та створення прототипу інформаційного забезпечення тепловізійного моніторингу. *Технологический аудит и резервы производства*. 2015. № 5/2 (25). С. 32–40.
6. Терещук О. І., Сахно Є. Ю., Маргасов Д. В., Корзаченко М. М. Моніторинг енергоефективності малоповерхових будівель: монографія. Чернігів: ЧНТУ, 2018. 356 с.
7. Терещук О. І., Сахно Є. Ю., Буренін О. І. Проведення тепловізійного моніторингу малоповерхових будівель та споруд. *Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем: матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції 10-12 травня 2018 р.* Чернігів: ЧНТУ, 2018. Т. 2. С. 94–95.
8. Федорцов С. О. Тепловізійний моніторинг малоповерхових будівель м. Чернігова. *Новітні технології у науковій діяльності і навчальному процесі: Всеукраїнська науково-практична конференція молодих учених і студентів (м. Чернігів, 11-12 квітня 2018 року): тези доповідей.* Чернігів: ЧНТУ, 2018. С. 226–228.

## References

1. Konstruktsii budynkiv i sporud. Teplova izoliatsiia budivel [Structures of buildings and structures. Thermal insulation of buildings]. *DBN V.2.6-31:2006 from 09.09.2006* [in Ukrainian].
2. Energy Saving. Methods of determining the economic efficiency of energy saving measures [Enerhozberezhennia. Metody vyznachennia ekonomichnoi efektyvnosti zakhodiv z enerhozberezhennia]. *DSTU 2155-93 from 01.01.95* [in Ukrainian].
3. Materials and products for building, thermo-insulating. Test methods [Materialy i vyroby budivelni teploizoliatsiini. Metody vyprobuvan]. *DSTU B.V.2.7-38-95 from 03.04.96* [in Ukrainian].
4. Opalennia, ventyliatsiia ta kondytsionuvannia. Poriadok DBN V.2.5-67:2013 [Order of DBN V.2.5-67: 2013. Heating, ventilation and air conditioning]. (2013) [in Ukrainian].
5. Marhasov, D. V., Sakhno, Ye. Yu. (2015). Vybir intehrovanoho seredovyshcha ta stvorennia prototypu informatsiinoho zabezpechennia teploviziinoho monitorynhu [The choice of an integrated environment and the creation of a prototype of information provision for thermal monitoring]. *Tekhnologicheskyyi audit i rezervy proizvodstva – Technological audit and production reserves, 5/2 (25), 32-40* [in Ukrainian].
6. Tereshchuk, O. I., Sakhno, Ye. Yu., Marhasov, D. V., Korzachenko, M. M. (2018). *Monitorynh enerhoefektyvnosti malopoverkhovykh budivel [Monitoring of energy efficiency of low-rise buildings]*. Chernihiv: ChNTU [in Ukrainian].
7. Tereshchuk, O. I., Sakhno, Ye. Yu., Burenin, O. I. (2018). Provedennia teploviziinoho monitorynhu malopoverkhovykh budivel ta sporud [Conducting thermovision monitoring of low-rise buildings and structures]. Proceeding from *VIII International Scientific and Practical Conference Kompleksne zabezpechennia yakosti tekhnologichnykh protsesiv ta system – Comprehensive assurance of the quality of technological processes and systems* (May 10-12, 2018) (pp. 94–95). Chernihiv: ChNTU [in Ukrainian].
8. Fedortsov, S. O. (2018). Teploviziinyi monitorynh malopoverkhovykh budivel m. Chernihova [Thermal imaging monitoring of low-rise buildings in Chernihiv]. Proceeding from *All-Ukrainian scientific and practical conference of young scientists and students Novitni tekhnologii u naukovii diialnosti i navchalnomu protsesi – Newest technologies in scientific activity and educational process* (Chernihiv, April 11-12, 2018). Chernihiv: ChNTU [in Ukrainian].

UDC 697.1

Oleksii Tereshchuk, Yevgeny Sakhno, Yuliya Shcherbak, Dariia Zymovets

**CONDUCTING THERMAL IMPORTANT MONITORING OF BUILDINGS  
AND CONSTRUCTIONS ENERGY SAVING**

**Urgency of the research.** *The process of building modern systems for monitoring energy saving of municipal buildings is a pressing issue of modern reality, due to the growing number of energy consumers, its price, the constant increase in the*

amount of information defining the parameters of energy saving, as well as the development of information resources and services that can be used in the energy saving system.

**Target setting.** At the present stage of development of Ukraine, the problem of saving thermal resources arises, which makes it possible to reduce the price of energy carriers and ensure the energy independence of the state. In this regard, the issue of rapid assessment of energy efficiency of buildings and structures is of paramount importance. Therefore, the definition of energy efficiency class, the construction of thermal imaging diagrams and the creation of recommendations for the energy protection of a construction object is a problem of this scientific study.

**Actual scientific researches and issues analysis.** Recent publications on this subject, which are presented in open access, including existing normative documents, were reviewed.

**Uninvestigated parts of general matters defining.** The issue of assessing the energy efficiency class of municipal facilities, in particular the educational building of the Chernihiv National Technological University, has not been studied enough. The quality of this issue will depend on the temperature in the classroom, which will affect the quality of teachers and students, as well as the savings of public funds for heating the building in the winter.

**The research objective.** Determination of thermal performance of the building, energy efficiency class and conducting thermal imaging monitoring of the building structure.

**The statement of basic materials.** To conduct thermal imaging monitoring of the building's energy efficiency, materials were collected on the parameters of the 23 corps of the Chernihiv National Technological University, on the basis of which the thermal performance of the building was calculated, followed by experimental determination of the thermal imaging diagrams and their processing in the software package.

**Conclusions.** Based on the research, the energy efficiency of the municipal building was monitored, the complex energy efficiency indicators were determined, and the energy efficiency class of the building was obtained. Experimental studies of the energy efficiency of the building were carried out using a thermal imager of the Testo brand 875v-1i (serial number 20441348), with the results processed in the IRSoft program. Studies have shown that the main energy losses occur in windows and case batteries, which must be considered when planning energy protection measures.

**Keywords:** monitoring; energy saving; thermal imager; thermal imaging.

Fig.: 3. Table: 7. References: 8.

**Терещук Олексій Іванович** – кандидат технічних наук, доцент, директор навчально-наукового інституту будівництва, професор кафедри геодезії, картографії та землеустрою, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Белова, 4, м. Чернігів, 14000, Україна).

**Tereshchuk Oleksii** – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Director of the Educational and Scientific Institute of Construction, Professor of the Department of Geodesy, Cartography and Land Management, Chernihiv National Technological University (4 Belova Str., 14000 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** olexter1957@gmail.com

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-6433-9351>

**ResearcherID:** H-4540-2016

**Сахно Євгеній Юрійович** – доктор технічних наук, професор кафедри геодезії, картографії та землеустрою, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

**Sakhno Evgeny** – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Geodesy, Cartography and Land Management, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** evsakhno@ukr.net

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-9789-7242>

**ResearcherID:** M-3987-2016

**Щербак Юлія Володимирівна** – магістр, викладач кафедри геодезії, картографії та землеустрою, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

**Shcherbak Yuliya** – Master, lecturer of the Department of Geodesy, Cartography and Land Management, Chernihiv National University of Technology. (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** Shch.Yu15@gmail.com

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-3439-3792>

**ResearcherID:** H-4199-2016

**Зимовець Дарія Валентинівна** – студент кафедри геодезії, картографії та землеустрою, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

**Zymovets Dariia** – student of the Department of Geodesy, Cartography and Land Management, Chernihiv National University of Technology. (95 Shevchenko Str., 14034 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** darya.zimovec@gmail.com