

струму цих процесів в цифрові дані. Персональний комп'ютер ПК забезпечує формування масивів цифрових даних поточних значень струму перехідних процесів та їх обробку за програмою знаходження інформативних параметрів контактних перетворювачів КП.

Експериментальні дослідження виконані визначенням похибок відтворення і апроксимації перехідних процесів струму в КП та знаходження інформативних параметрів перетворювачів і розчинів в них. За результатами цих досліджень середньоквадратичні значення похибок адекватності відображення перехідних процесів струму в КП одержані в межах  $\sigma_{ад} \leq 0,05\%$ , а апроксимації і знаходження інформативного параметра струму  $I_n$  цих процесів до  $\sigma_{ад} \leq 0,1\%$ . Це однозначно доводить практичну можливість і доцільність використання описаного алгоритму і способу визначення інформативних параметрів контактних перетворювачів з компенсацією їх похибок для створення сучасних мікропроцесорних систем контролю електропровідності теплоносія енергоблоків ТЕС з покращеними характеристиками точності.

УДК 621.384.3:215.111

М. Бродський, В. Гой, Ю. Зеляновський, П. Кондратов  
НУ "Львівська політехніка"

## ТЕПЛОВІЗІЙНИЙ АУДИТ ПРОМИСЛОВИХ ТА ЖИТЛОВИХ ОБ'ЄКТІВ

© Бродський М., Гой В., Зеляновський Ю., Кондратов П., 2002

Розглянуто джерела тепловитрат через оболонки промислових та житлових споруд. Показано, що ефективність визначення цих джерел значно підвищується із застосуванням пристроїв багатоспектрального зондування на базі тепловізійної камери. Запропоновано застосування розробленої авторами тепловізійної камери на півовідконі, доповненої цифровим процесором обробки даних, яка може застосовувалась для широкомасштабних обстежень стану будівельних об'єктів.

The sources of thermal losses through the industrial and living buildings envelopes are considered. It is shown, that efficiency of these sources location may be considerably improved by the using of devices for multispectral probing based on thermal imager camera. It is proposed to use the pirovidicon-based camera with digital signal processor, developed by the authors. This camera can be used for wide-scale investigation of the buildings stage.

### Вступ

Для зменшення екологічного тиску на природу з боку об'єктів урбанізації є актуальним зменшення енерговитрат на обігрів житлових та службових приміщень міста при одночасному збільшенні комфортності умов праці і відпочинку. Сьогодні в Україні частка міст становить до 80% загального споживання енергії. Житлово-комунальні та побутові потреби населення зумовлюють споживання більш ніж 25% загальних енерговитрат. Близько 80% енергоносіїв імпортується з-за кордону. Саме тому Держкомітет у справах архітектури та містобудівництва впровадив нові вимоги до термічного опору огорожувальних конструкцій будинків, що є жорсткішими, ніж попередні, у 2–2,5 рази.

Застосування термоізолюючих матеріалів є шляхом до збільшення термічного опору оболонки будівель. Однак такий підхід стає ефективним лише в поєднанні з обстеженнями щодо виявлення всього комплексу тепловитрат через оболонку будинку. Джерелами таких витрат передовсім є: двері, вікна та вентиляція; стіни, підлога, дах та інше покриття.

Зазвичай одноповерховий будинок, що перебуває у нормальному технічному стані, має такі теплові витрати: вікна – 18%; вентиляція – 14%; стіни – 35%; підлога – 10%; дах – 23%.

Проте існує й багато відхилень від нормального стану: наявність містків холоду в конструкції; розподіл вологи та тепла в матеріалах і конструкціях; просідання конструкцій; недостатня товщина покриття; недостатність або відсутність теплоізоляції покриття; інфільтрація та ексфільтрація повітря через вікна, двері та інші місця "теплових насосів" через тріщини, повітряні порожнини тощо; дефекти димарів, котельних, опалювальних систем.

## **2. Завдання та різновиди засобів теплової інспекції**

Загалом завдання теплової інспекції будівель і споруд полягає у вимірюванні (з числовими результатами) або оцінці (якісне визначення без числових результатів) температури матеріалів і елементів конструкції корпусу будинку з наступним аналізом картини температурного розподілу.

Розмаїття засобів вимірювання чи якісного визначення температури обмежується тими, що можуть бути використані у температурному діапазоні, типовому для будівель і споруд: від близько мінус 20 до близько плюс 50 С.

Одним з найефективніших засобів теплової інспекції можуть бути визнані тепловізійні камери (ТВК).

## **3. Тепловізійні камери як засіб підвищення ефективності теплового інспектування**

За допомогою ТВК можуть бути визначені ділянки витрат тепла у промислових установках та стан теплоізоляції комунікацій. ТВК виявляє такі дефекти панелей і стиків, як тріщини і порожнини, такі недоліки ізолюючих матеріалів, як погана звуко- і теплоізоляція. Уможливується перевірка якості цегляної кладки крізь тиньк. Визначаючи відмінності у теплопровідності матеріалів (повітря, вода, балки, стіни, тиньк), виявляють приховану структуру (каркас) будинку та її недоліки, необхідність ізоляційних заходів. Виявляючи локальні теплові ділянки можна виявити місця зношення стінок.

Складнощі, пов'язані з отриманням числових даних про розподіл температури на поверхні об'єкта, звичайно розглядаються як недолік ТВК. Вони визначаються необхідністю врахування таких факторів, як, зокрема: різниця у коефіцієнтах теплового випромінювання залежно від досліджуваних матеріалів; флуктуації теплової провідності; коефіцієнт проникнення повітря; сторонні джерела випромінювання.

Проте завдання теплової інспекції може бути розв'язане не тільки і не стільки визначенням температури у числовому значенні, але й якісним порівнянням більше і менше нагрітих частин досліджуваного об'єкта. Для спрощення такої процедури на екрані дисплею може бути сформована якісна чорно-біла або псевдocolьорова шкала.

## **4. Вимоги до тепловізійних камер, застосовуваних у тепловому інспектуванні**

Широкому впровадженню методів інфрачервоної термографії на базі ТВК у теплове інспектування заважає висока вартість такої техніки та необхідність її відповідності спеціальним умовам, які супроводжують виконання таких обстежень.

З огляду на це сформулюємо найважливіші вимоги до ТВК як основи комплексу візуалізації у тепловому інспектуванні: масогабарити, що відповідають вимогам до переносної апаратури; автономне живлення; відсутність системи примусового охолодження; тепла і просторова роздільна здатність, яка забезпечує необхідну якість теплового зображення; можливість сприйняття нерухомих теплових зображень; наявність електронного вишукача; отримання на виході пристрою стандартного телевізійного відеосигналу, що

дає можливість використати як спеціальні, так і стандартні пристрої відтворення чорно-білого та кольорового зображення; наявність цифрового процесора обробки даних.

Значений цифровий процесор повинен: забезпечувати покадрову обробку сигналу в реальному часі; працювати в режимі покадрового накопичення; здійснювати енергонезалежну фіксацію необхідної кількості теплових зображень досліджуваних об'єктів; здійснювати зв'язок з комп'ютером та передачу сформованих теплових зображень у комп'ютер; реалізовувати певну кількість сервісних операцій щодо представлення та сприйняття оператором теплових зображень; забезпечувати синхронізацію ТВК при її сумісній роботі з іншими засобами візуалізації [1].

Передумовами широкого застосування ТВК повинно бути: достатня поширеність застосовуваних комплектуючих, насамперед – теплового детектора; поміркована ціна виробу.

### **5. Приклад виконання тепловізійної камери**

У Національному університеті "Львівська політехніка" розроблена та побудована для виконання дистанційних термографічних обстежень спеціальна ТВК на базі однодюймового піровідикона як перетворювача теплового випромінення в електричний сигнал. ТВК обладнана процесором обробки кадру, який за допомогою операції покадрового накопичення значно покращує якість теплового зображення, дає змогу запам'ятовувати кілька десятків теплових зображень та передавати їх у комп'ютер по каналу послідовного інтерфейса. Така побудова дала змогу створити камеру, що достатньою мірою відповідає вищезазначеним умовам.

Незначні габарити та вага ТВК дають змогу легко переносити її з місця на місце. ТВК може житись достатньо довгий час від автономного джерела.

### **6. Основні технічні показники тепловізійної камери:**

- зона спектральної прозорості – 8-14 мкм;
- мінімальна виявлювальна різниця температур – 0,3 °С;
- розмірність оброблюваного зображення – 180x180 пікселів;
- розрядність квантування – 8;
- припустима кількість кадрів:
- накопичуваних – 128;
- зафіксованих – 32;
- споживана потужність – до 20 ВА;
- загальна вага – до 6 кг.

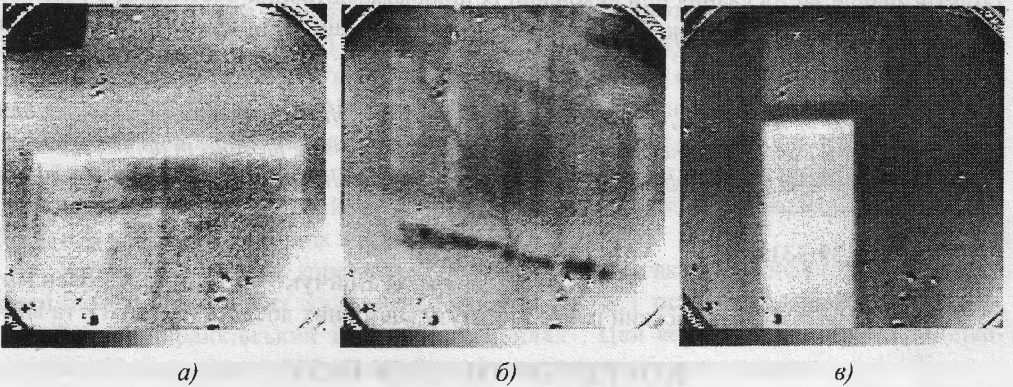
### **7. Результати практичного інспектування**

Описане вище обладнання було використане для практичного інспектування низки будівель та споруд. Були отримані такі результати: недостатній опір теплопередачі призводить до витоку тепла через дах; трансмісійні тепловитрати через зовнішню стіну практично вдвічі перевищують нормативні, без врахування її зволоження; зволоження стін та, особливо, цоколю будинку значно зменшує загальний опір теплопередачі; підвищена фільтрація повітря через вікна та двері становить найбільшу частину трансмісійних теплових витрат через зовнішню оболонку будинку.

Були виявлені такі найважливіші причини тепловитрат: несуцільність швів цегляної кладки зовнішньої стіни та її пошкодження (тріщини, потемніння внаслідок зволоження та газової корозії тощо); дифузія вологи в пароподібному стані, яка конденсується в повітрі приміщення, через товщу стіни та її конденсація в шарах, близьких до зовнішньої поверхні силікатної цегли як шільнішого матеріалу; утворення термічних містків у кутах стін будинку, в місцях влаштування залізобетонних перемичок, через щілини примикання вікон до стіни, та в місцях надмірного зволоження стін (цоколь); незважаючи на подвійне засклення вікон

та наявність вхідних тамбурів, відсутність ущільнюючих прокладок та шнурів по периметру стулок вікон та дверних полотен створює підвищений рівень повітропроникнення.

На рисунку показані практично одержані термограми фрагментів будинку. Дослідження було виконано восени, різниця між зовнішньою і внутрішньою температурами становила близько 15 °С. Світла горизонтальна лінія на рисунку, а пов'язана з порожниною над рамою вікна. Рисунок, б ілюструє, як волога в цоколі будинку впливає на теплове випромінення стіни будинку (див. темніші плями в нижній частині рисунка). Рисунок, в дозволяє порівняти різницю між зображеннями відкритих дверей і закритого вікна (див. сірий прямокутник над дверима). Отже, наведені термограми підтверджують ефективність теплового інспектування з використанням ТВК.



*Приклади термограм, отримані при тепловому інспектуванні з використанням тепловізійної камери*

Необхідно зазначити, що потужна робота опалювальної системи зазвичай практично компенсує вищезазначені недоліки тепловтрат оболонки будинку; тобто за умови усунення надлишкових тепловтрат будинку можна досягти додаткової економії енергоносіїв, що витрачаються на опалення приміщень.

#### **8. Рекомендації щодо подальшого вдосконалення засобів і методів теплової інспекції**

Подальше вдосконалення системи візуалізації теплових зображень пов'язане, насамперед, з розробкою систем мультиспектрального подання інформації. В таких системах у межах одного пристрою можуть бути поєднані декілька різнозональних перетворювачів або використані декілька приймальних камер. Наприклад, ТВК-камера може бути використана у комплекті з ПЗС-камерою, яка формує видиме зображення. Відтак за допомогою апаратних та програмних засобів перетворення та суміщення зображень, отриманих у різних спектральних зонах, може бути утворене комплексне зображення досліджуваного об'єкта. Це дасть змогу не тільки збільшити кількість ознак стану будівель, але й значно краще визначати місцезнаходження пошкоджень теплової ізоляції. Можливість одночасного отримання теплового та візуального зображень об'єкта спрощує створення необхідної документації, збільшує її об'єктивність.

Значна увага повинна також приділятися методів інспектування. Його найдоцільніше виконувати взимку, коли різниця в температурі між приміщенням і довкіллям є найбільшою. Для виключення впливу сонячної засвітки контроль бажано виконувати в нічний час. Зовнішній пошук джерел втрат тепла полегшується, якщо атмосферний тиск всередині будови вищий за тиск зовні.

### Висновки

Збереження теплової енергії є актуальною проблемою експлуатації будівель. Інспектування будівель стосовно теплових витрат є методом вирішення цієї проблеми. Тепловізійна камера з електронним скануванням може стати ефективним засобом такого інспектування у зв'язку з можливістю забезпечення дистанційного зондування в реальному часі теплового режиму будівель і споруд, незважаючи на труднощі отримання числових результатів вимірювання температури. Шляхом подальшого підвищення інформативності теплового зображення є формування комбінованих та комплексних зображень досліджуваного об'єкта, отриманих у різних спектральних зонах, насамперед, у видимому діапазоні.

Автори сподіваються, що розроблений ними комплекс візуалізації стану будівельних об'єктів знайде застосування при виконанні їх широкомасштабних обстежень, в результаті яких стане можливим значне зменшення енерговитрат, що допоможе заощадити значні кошти до бюджету країни.

*Bozhenko I., Hrytskiv Z., Kondratov P. Enhancement of thermographic images quality using pyrosignal digital frame-by-frame processing. Proc. Image Processing methods in applied mechanics, European mechanical society colloquium EUROMECH 406, Warsaw, Poland, P. 61-63, 1999.*

УДК 621.317.39:531.733

А. Лукенюк, Б. Бойчук, А. Пуцило, С. Шендерук  
Львівський центр Інституту космічних досліджень НАНУ та НКАУ

### КОРЕКТОР ОБ'ЄМУ ГАЗУ

© Лукенюк А., Бойчук Б., Пуцило А., Шендерук С., 2002

Описаний коректор об'єму газу призначений для роботи з тахометричними лічильниками газу. Наведено його метрологічні та експлуатаційні характеристики та наведено варіант організації мережі нижнього рівня єдиної системи обліку газу в Україні з використанням цього коректора.

The corrector of gas volume intended for work with existing counters is described and his metrological and operational features are specified. The variant of a network connection for the uniform system of a gas accounting in Ukrain with use of this corrector is given.

Ще донедавна рівень економічного розвитку країн оцінювався кількістю виробленої енергії, що припадає на одну людину. Та сьогодні такий показник вже не може бути прийнятий для оцінки економічного розвитку країн, тому що він не відображає технологічність підприємств і стан економії енергоресурсів. Зазначимо, що останнє стосується найважливіших проблем життєдіяльності, особливо для нашої країни. Окрім того, спалювання великої кількості горючих матеріалів сприяє збільшенню концентрації вуглекислого газу в атмосфері, що, своєю чергою, приводить до так званого парникового ефекту, який збільшує кількість техногенних катастроф.

Стимулюючим фактором досягнення високої технологічності виробництва і економічного використання енергоресурсів є встановлення реальних цін на енергоресурси та організація належного обліку їх витрачання. Якщо зі встановленням реальної ціни на енергоносії зроблено немало, хоч і тут ще залишилися проблеми, то щодо організації належного обліку витрати енергоресурсів є ще багато роботи, особливо при організації