

ОСОБЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ НАТУРНИХ ЗРАЗКІВ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ ВСІХ РІВНІВ З ТЕПЛОВОГО КОНТРОЛЮ

В. Ю. ГЛУХОВСЬКИЙ, Б. О. ОНАЩЕНКО

ІЕЗ ім. Є. О. Патона НАН України 03150, м. Київ-150, вул. Казимира Малевича, 11. E-mail: office@paton.kiev.ua

Навчання та атестація фахівців всіх рівнів з теплового методу контролю згідно вимог стандарту EN ISO 9712:2012 потребують роботи з екзаменаційними зразками з метою напрацювання процедур тепловізійного контролю та набуття навичок розшифрування отриманих термограм. Розглянуто особливості створення екзаменаційних зразків, що можуть застосовуватись не лише для атестації фахівців всіх рівнів, а й для проведення практичних занять під час навчання. Розглянуто і джерела тепла, які дозволяють моделювати різні умови експлуатації об'єктів контролю. Визначено конкретний тип об'єктів, які при заданих умовах експлуатації не можуть адекватно контролюватись із застосуванням промислових тепловізорів. Це викликано малим значенням різниці температур над дефектом, яке значно менше ніж температурна похибка вимірювального тепловізійного обладнання. Бібліогр. 3, рис. 9.

Ключові слова: тепловий контроль, джерело нагріву, екзаменаційний зразок, об'єкт контролю, термограма

В процесі роботи над підготовкою фахівців I, II або III рівня з теплового методу контролю згідно вимог стандарту EN ISO 9712:2012 виникає проблема створення деяких типів навчальних та екзаменаційних зразків для проведення практичних занять та подальшої атестації.

Особливістю теплового контролю є необхідність у застосуванні джерела нагріву, яке створює в процесі своєї роботи надлишкове температурне поле на поверхні контрольованого об'єкту, що відрізняється від температури навколишнього середовища [1, 2]. При цьому, температурне поле над дефектом повинно мати значення, відмінне від значення температури над бездефектною зоною, і становити величину більшу, ніж похибка вимірювального приладу. В іншому випадку дефект не проявиться на термограмі і буде мати значення бездефектної зони.

Так, при використанні пластини з дефектами, що імітують корозійно-ерозійне ураження стінки, достатньо в якості джерела нагріву використовувати інфрачервоні випромінювачі або джерела гарячого повітря (рис. 1).

При цьому, контрастність температурного поля над дефектом дозволяє проводити не лише кількісний аналіз, а й визначати геометричні параметри виявленого дефекту, використовуючи математичні методи (рис. 2). Матеріалом пластини може слугувати як метал, так і полімери, наприклад поліпропілен. В останньому випадку під дефектом розуміють зменшення товщини стінки.

Зразок з імітацією розшарування контролюється із застосуванням, як і в попередньому випадку, радіаційних та конвективних джерел нагріву (рис. 3).

Як видно з рис. 3, б, температурне поле над дефектом, як і в попередньому випадку, дозволяє визначати не лише кількісні, а й якісні характеристики виявленого дефекту із застосуванням математичних методів розрахунку теплових процесів, що виникають в зразку при нагріванні. Зразок виготовлено з низько вуглецевої сталеві пластины.

Контролюючи якість паяних з'єднань на прикладі паяних з'єднань статорних обмоток електродвигунів, достатньо пропустити постійний електричний струм, величина якого відповідає робочому значен-

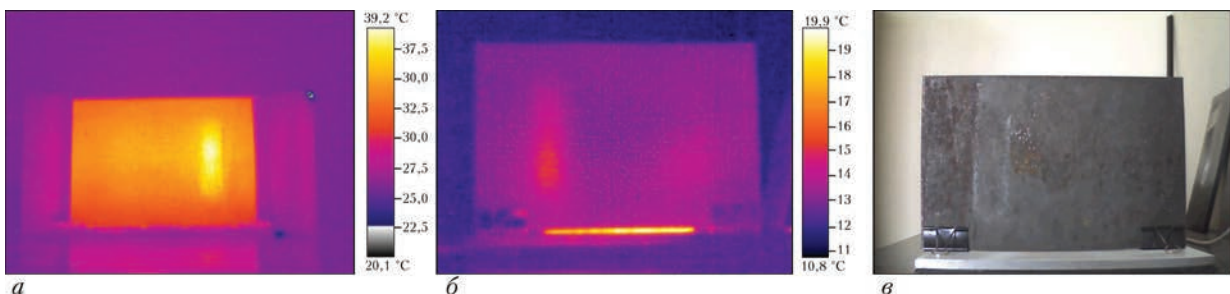


Рис. 1. Термограми: нагрівання інфрачервоним випромінюванням (а), потоком гарячого повітря (б) та видиме зображення пластини з дефектами, що імітує корозійно-ерозійне спрацьовування (в)

© В. Ю. Глуховський, Б. О. Онащенко, 2017

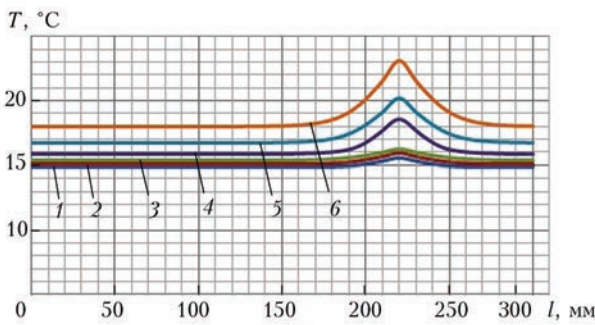


Рис. 2. Розподілення температури над дефектом в залежності від його координат та часу нагрівання зразка: 1 – 10; 2 – 20; 3 – 30; 4 – 40; 5 – 50; 6 – 60 с

ню і в даному випадку становить 500 А (рис. 4). При цьому контрастність температурного поля над паяним з'єднанням дозволяє проводити якісний та кількісний аналіз отриманих термограм [3]. А засто-

сування математичних методів дозволяє визначати величину непропаю як основного дефекту (рис. 5).

В якості контрольних зразків можуть виступати й термограми електричного обладнання, де поруч з дефектним вузлом чи приладом представлені бездефектні, при умові, що вони працюють в однакових умовах (рис. 6).

В якості джерела нагріву виступає електричний струм, що тече мережею. Протікаючи через дефектні ділянки відбувається їх нагрів та формується відповідне надлишкове температурне поле. Порівняльний аналіз термограм дозволяє визначати переважно кількісні параметри.

Будівлі та споруди в період опалювального сезону можуть також виступати контрольними та екзаменаційними зразками при підготовці фахівців. В даному випадку джерелом нагріву слугують конвективні потоки теплого повітря, що форму-

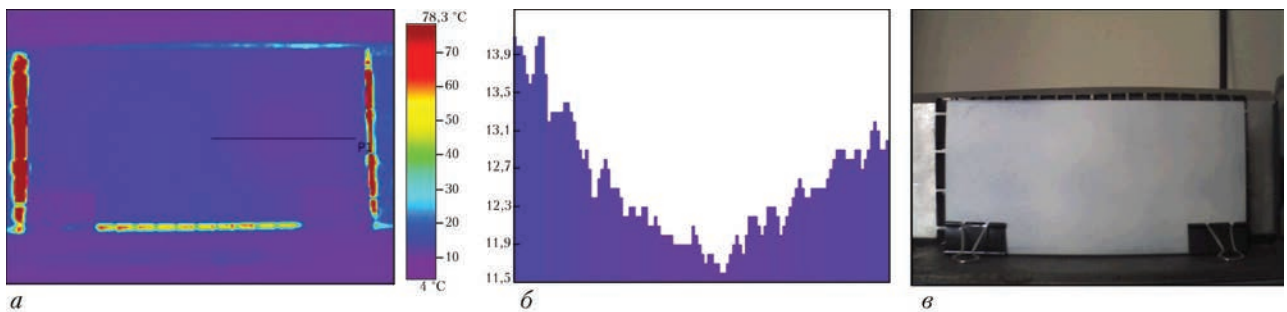


Рис. 3. Термограма (а), температурний профіль над дефектом (б) та видиме зображення пластини з дефектом, що імітує розшарування (в)

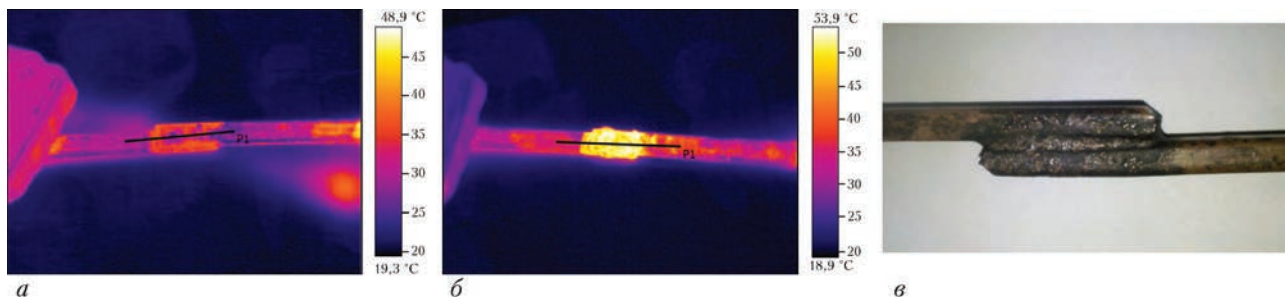


Рис. 4. Термограми бездефектного (а), дефектного (б) паяного з'єднання статорних обмоток електродвигуна та його видиме зображення (в)

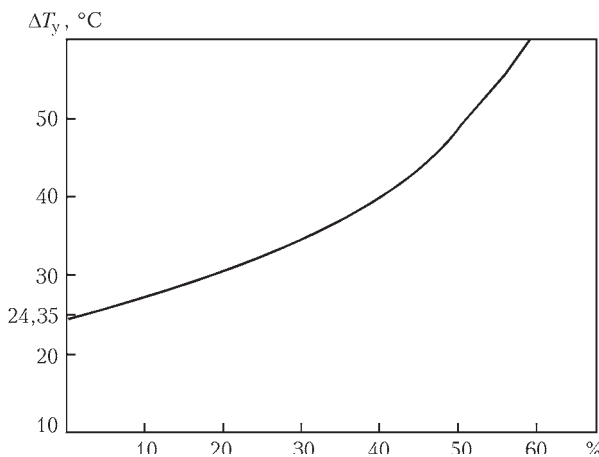


Рис. 5. Залежність граничного значення температур ΔT_y в зоні припою від відсоткової складової площі пустот в паяному з'єднанні при струмі 500 А

ються радіаторами системи опалення в середині приміщень (рис. 7). При цьому, для коректної оцінки температурного поля огорожувальної конструкції температура в середині приміщення повинна бути вищою за температуру назовні щонайменше на 12°. За таких умов при аналізі температурного поля можна визначати не лише кількісні характеристики, а також якісні, застосовуючи математичні методи.

При створенні зразка, що імітує трубопровід гарячої води, виникає ряд питань щодо виявлення дефектних ділянок на термограмі. Під дефектами в даному випадку слід розуміти корозійно-ерозійне ураження внутрішньої стінки труби. Так, при нагріванні води в середині зазначеного зразка дефект не проявляється (рис. 8, а).

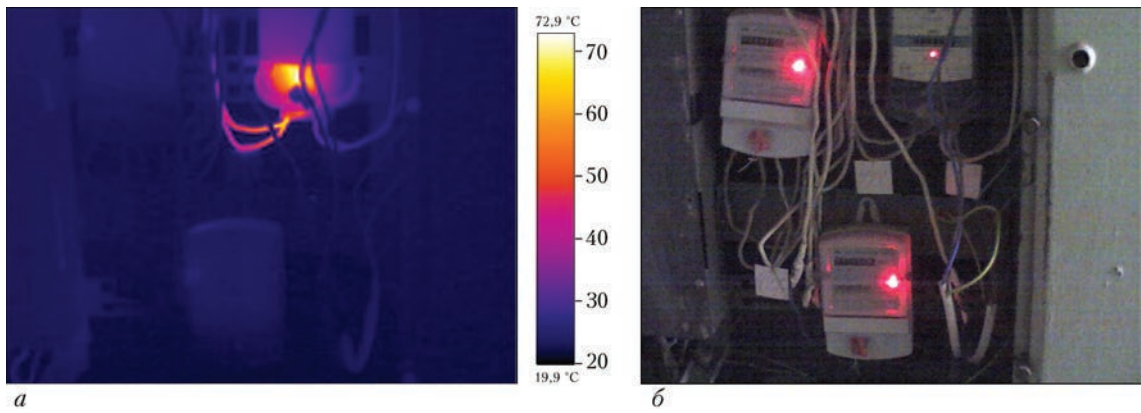


Рис. 6. Термограма (а) та видиме зображення (б) лічильників обліку спожитої електроенергії

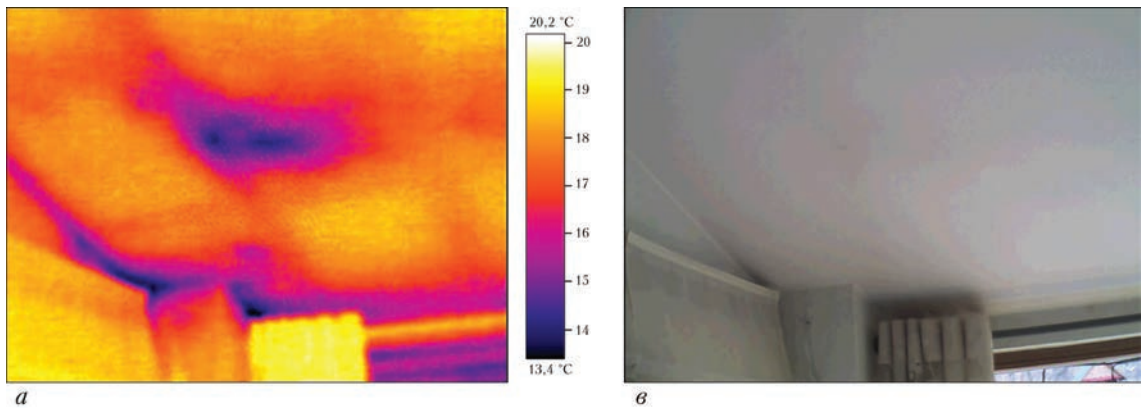


Рис. 7. Термограма (а) та видиме зображення (б) стелі одноповерхової вітальні приватного будинку

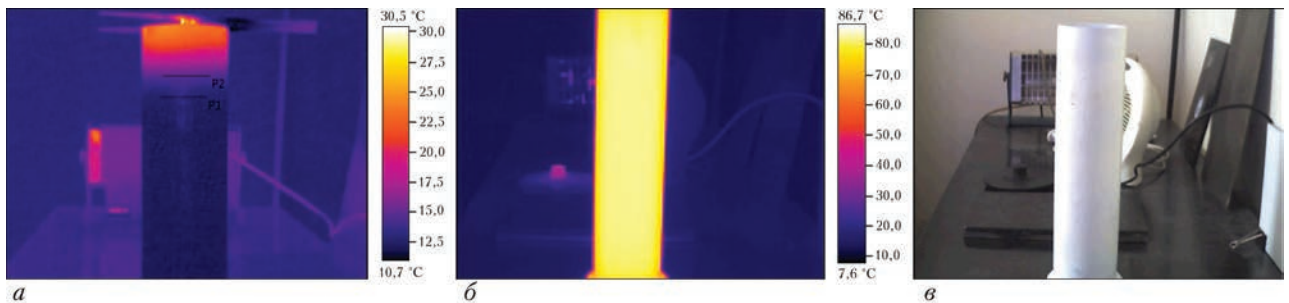


Рис. 8. Термограми при нагріванні води (а) та при нагрітій воді (б) в трубі з дефектом, а також її видиме зображення (в)

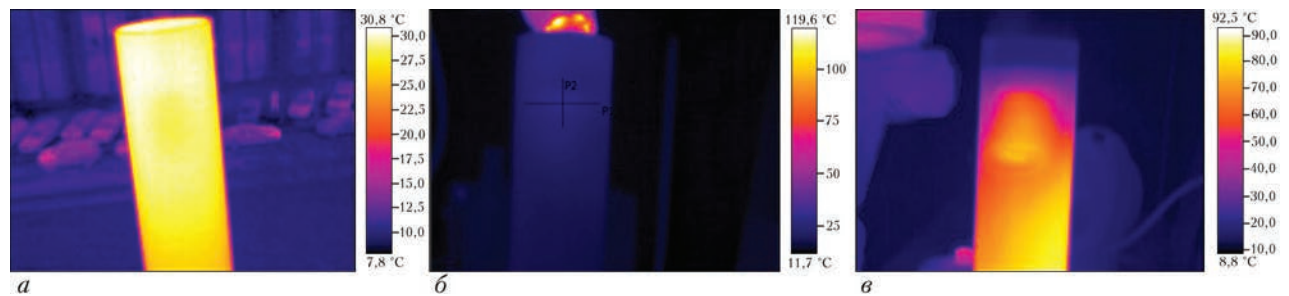


Рис. 9. Термограми труби з дефектом при охолодженні на повітрі (а), при нагріванні гарячим повітрям (б), при взаємодії з гарячою парою (в)

Така сама картина спостерігається при заповненні зразка вже нагрітою водою (рис. 8, б). Розрахунки теплових процесів, що відбуваються в системі вода-стінка труби-повітря, показують різницю температур над дефектам в межах 0,02 °С. Так, значення є значно меншим ніж похибка вимірювання в тепловізорах, що становить 0,1 °С. Дана похибка є актуальною для більшості

промислових тепловізійних камер, які застосовуються для технічної діагностики промислових та громадських об'єктів. Проте у випадку взаємодії гарячого повітря або нагрітої водяної пари з внутрішніми стінками труби на термограми починає проявлятися дефектна ділянка (рис. 9).

Таким чином, процес створення екзаменаційних зразків потребує не тільки натурних випро-

бувань, а й застосування математичних методів розрахунку теплових процесів в системах з метою визначення оптимальних параметрів нагріву контрольних зразків, прогнозування форми температурного профілю над дефектом та розробки ефективних процедур контролю.

Список літератури

1. Михеев М. А., Михеева И. М. (1977) *Основы теплопередачи*. Москва, Энергия.
2. Вавилов В. П. (2009) *Инфракрасная термография и тепловой контроль*. Москва, ИД Спектр.
3. Глуховский В. Ю. (2014) Применение тепловизионной диагностики для контроля качества паяных соединений статорных обмоток электродвигателей. *Техническая диагностика и неразрушающий контроль*, **2**, 23–27.

References

1. Mikheev, M.A., Mikheeva, I.M. (1977) *Fundamentals of heat transfer*. Moscow, Energiya [in Russian].
2. Vavilov, V.P. (2009) *Infrared thermography and heat control*. Moscow, ID Spektr [in Russian].
3. Glukhovskiy, V.Yu. (2014) Application of thermal imaging diagnostics to monitor the quality of soldered joints of electric motor stator windings. *Tekhn. Diagnost. i Nerazrush. Kontrol*, **2**, 23-27 [in Russian].

В. Ю. ГЛУХОВСКИЙ, Б. А. ОНАЩЕНКО

ІЭС ім. Е. О. Патона НАН України 03150, г. Київ-150, ул. Казимира Малевича, 11. E-mail: office@paton.kiev.ua

ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ НАТУРНЫХ ОБРАЗЦОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ВСЕХ УРОВНЕЙ ПО ТЕПЛОВОМУ КОНТРОЛЮ

Обучение и аттестация специалистов всех уровней по тепловому методу контроля согласно требованиям стандарта EN ISO 9712:2012 подразумевает работу с экзаменационными образцами с целью отработки процедур тепловизионного контроля и приобретения навыков расшифровки полученных термограмм. Рассмотрены особенности создания экзаменационных образцов, которые могут применяться не только для аттестации специалистов всех уровней, но и для проведения

практических занятий в процессе их обучения. Рассмотрены источники тепла, позволяющие моделировать различные условия эксплуатации объектов контроля. Определен конкретный тип объектов, которые при заданных условиях эксплуатации не могут адекватно контролироваться с применением промышленных тепловизоров. Это вызвано малой разностью температур над дефектом, которая значительно ниже, температурной погрешности измеряющей тепловизионной аппаратуры. Библиогр. 3, рис. 9.

Ключевые слова: тепловой контроль, источник нагрева, экзаменационный образец, объект контроля, термограмма

FEATURES OF PREPARATION OF FULL-SCALE SAMPLES FOR TRAINING THE SPECIALISTS ON HEAT MONITORING OF ALL LEVELS

V. Yu. GLUKHOVSKII, B.O. ONASHCHENKO

E. O. Paton Electric Welding Institute of the NASU, 11 Kazimir Malevich Str., Kiev, 03680
E-mail: office@paton.kiev.ua

Training and certification of the specialists on heat monitoring of all levels according to the requirements of EN ISO 9712:2012 standard stipulate work with examination samples for performance of the heat monitoring procedures and getting skills for decoding of received thermograms. The peculiarities of preparation of the examination samples that can be used for certification of the specialists of all levels as well as for holding the practical classes during training were considered. Heat sources allowing modelling different conditions of control objects operation were examined. A specific type of the objects, which at set operation conditions can not be adequately operated using industrial thermal imagers, was determined. It is caused by small temperature difference over defect, which is significantly less than the temperature error of measurement heat monitoring equipment. 3 Ref., 9 Fig.

Keywords: heat monitoring, heat source, examination sample, monitoring object, thermogram

Надійшла до редакції
15.11.2017

Украина и Китай усиливают сотрудничество в проектах возобновляемой энергетики

Вопросы сотрудничества в проектах возобновляемой энергетики обсуждались на пленарном заседании украинско-китайской подкомиссии по торгово-экономическому сотрудничеству в Министерстве коммерции КНР 17 ноября в Пекине.

Украинскую делегацию представила заместитель министра экономического развития и торговли Украины Наталья Никольская совместно с представителями Минагрополитики, МИД, Минэкономразвития, Мининфраструктуры, Госэнергоэффективности, Государственного инновационного финансово-кредитного учреждения, посольства Украины в Китае.

В ходе переговоров председатель Госэнергоэффективности Сергей Савчук охарактеризовал перспективные пути двустороннего сотрудничества в «чистой» энергетике:

- ▶ реализация совместных инвестиционных проектов,
- ▶ строительство заводов по производству оборудования и материалов для объектов возобновляемой энергетики,
- ▶ создание механизмов финансирования проектов «чистой» энергетики.

Китай — мировой лидер в наращивании мощностей возобновляемой энергетики. Это, в свою очередь, сказывается на глобальных тенденциях развития «чистой» энергетики. Так, по данным Международного энергетического агентства, с 2010 г. стоимость производства солнечной и ветровой энергии снизилась, соответственно, на 70 и 25 %. Это ускорило строительство солнечных и ветровых станций в других странах, в том числе в Украине.

