

Ключові слова: ПНВП, діагностика, газотурбінний двигун, вібросигнал.

Література

- [1] Яворський І.М. *Математичні моделі та аналіз стохастичних коливань*. Під редакцією академіка НАН України З.Т. Назарчука. Львів, Україна: Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, 2013.
- [2] Javorskyj I., Torba Yu., Yuzefovych R., Sbrodov Ye., Lychak O. Periodically Non-Stationary Properties of Vibrations in a Gas Turbine Engine with an Unbalanced Rotor. *Science and Innovation*, vol. 21, no. 6, pp. 38-48, 2025. doi: 10.15407/scine21.06.038.
- [3] Javorskyj I., Yuzefovych R., Lychak O., Torba Yu., Sbrodov Ye. Method for analysis of periodically non-stationary properties of vibrations for a gas-turbine engine with unbalanced rotor, *Welding and Related Technologies Proceedings of the 7th International Conference on Welding and Related Technologies (WRT-2024)*, 2025, pp. 158–161.
- [4] Yuzefovych R., Javorskyj I., Lychak O., Torba Yu., Sbrodov Ye., Komarnytskyi B. Correlation matrix for analysis of the covariance and spectral structures of PNRP, in *Proceedings of 14th International Conference on Advanced Computer Information Technologies*, Ceske Budejovice, Czech Republic, 19-21 September 2024. P. 158–161.

УДК 620.111: 621.642.17: 620.193.24

ЗАСТОСУВАННЯ БЮДЖЕТНИХ ЕНДОСКОПІЧНИХ USB ВІДЕОКАМЕР ПРИ ОГЛЯДІ ВНУТРІШНІХ ПОВЕРХОНЬ БАЛОНІВ ДЛЯ ДІОКСИДУ ВУГЛЕЦЮ

Панченко О. А., Несін В. В.

Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз

Служби безпеки України, м. Київ, Україна

E-mail: witnes@ukr.net

Експлуатація посудин високого тиску, зокрема балонів, здійснюється згідно норм НПАОП 0.00-1.81-18, які передбачають періодичне їх опосвідчення [1] або, при необхідності, ремонт. Це в свою чергу передбачає огляд внутрішньої поверхні ємності та проводиться відповідними організаціями із застосуванням спеціалізованого обладнання. Здійснити попередній огляд внутрішньої поверхні ємності на предмет виявлення забруднень, корозії, тріщин і т.п. сьогодні можливо за допомогою бюджетних малогабаритних відеокамер та смартфона з відповідним додатком. Здійснення такого огляду з метою попереднього встановлення придатності балону для подальшого застосування допомагає вирішити проблеми в роботі обладнання без проведення ремонту або позапланового опосвідчення. Зменшення відповідних затрат на експлуатацію а також обмежена кількість профільних організацій по регіонам в Україні обумовили пошук ефективних рішень.

Актуальність.

Зменшення затрат при експлуатації газобалонної техніки, зокрема при проведенні попереднього огляду або ремонту ємностей високого тиску (балонів) сьогодні можливе із застосуванням бюджетних рішень. Проведення

попереднього швидкого огляду внутрішньої поверхні ємностей доступними сучасними методами, (виявлення забруднення, оксидних плівок, корозії, тріщин) дасть змогу своєчасно прийняти відповідні рішення щодо подальшого використання ємностей та збільшить ефективність їх експлуатації.

Мета.

Метою роботи є дослідження застосування ендоскопічної USB відеокамери бюджетного цінового сегменту для попереднього огляду внутрішніх поверхонь балонів малих об'ємів, що застосовуються для транспортування і зберігання зрідженого CO₂.

Результати дослідження.

Експлуатація балонів малого літражу (до 12 л) зі зрідженим CO₂ відрізняється більш частішим (в 2-3 рази) їх заправленням в порівнянні з звичайними промисловими, ємністю 40 літрів. Як правило таке заправлення здійснюється зі сталевих промислових балонів за допомогою заправних станцій або методом переливання з більшої ємності в меншу. Присутність у вітчизняному зрідженому CO₂ домішок (вода, водяна пара, NO, NO₂, SO₂ та ін.) [2], продуктів окислення (FeO або Fe₂O₃) та корозії в промислових сталевих балонах, а також термодинамічні властивості CO₂ створюють передумови для більш інтенсивного накопичення домішок та продуктів їх взаємодії в ємностях меншого літражу. Основні з них, такі як вода, оксиди заліза, дрібні механічні частки в подальшому з балону потрапляють до газової арматури, пневматичних вузлів, нагрівачів, що призводить до їх передчасного виходу з ладу. Накопичені домішки у вигляді емульсійних сполук сприяють поширенню корозії внутрішніх металевих поверхонь балонів, їх зварних швів [3], арматури.

Проведення огляду профільними організаціями при опосвідченні або ремонті балону передбачає огляд його внутрішньої поверхні [1]. Такий вид огляду сьогодні можливо здійснити (попередньо від'єднавши арматуру) в значно коротші терміни із застосуванням недорогих ендоскопічних USB відеокамер.

Для попередньої оцінки стану внутрішньої поверхні балону ємністю 6 літрів авторами було застосовано ендоскопічну HD відеокамеру Keyi моделі AN112 [4] циліндричного типу в поєднанні із застосуванням для смартфона USB Camera Viewer 2.10.5.

Камера довжиною 45 мм, діаметром 8 мм, має кут огляду 70°, фокусну відстань 2-10 см. В торцевій частині навколо об'єктиву розташовано LED освітлення, рівень якого регулюється. Ендоскопічна USB камера виготовлена на базі чіпу Realtek Semiconductor, має роздільну здатність 1920x1080 пікселів для режиму MJPEG. Стандарт захисту камери - IP67, що достатньо для безпечного короткочасного застосування у вологому середовищі. Габарити камери дозволяють застосування в балонах з відносно невеликими діаметрами різьбової горловини в яку вкручується вентиль або інша арматура. Як правило, в малолітражних балонах різьбова горловина має розміри M18x1,5 за EN ISO

15245-1, що дозволяє застосування їх для огляду з відносно простим допоміжним фіксуєчим обладнанням.

Якість отриманих знімків дозволила візуально оцінити стан внутрішньої поверхні та зварних швів балону (Рис. 1).



Рис. 1. Забруднення внутрішньої поверхні балону для зрідженого CO₂ та оксидна плівка (Fe₂O₃), виявлені за допомогою ендоскопічної камери [Фото авторів]

При огляді були виявлені: вода, забруднення оксидом заліза та інші смолисті відкладення на внутрішній поверхні. Органолептичні характеристики виявленої оксидної плівки відповідають гематиту (Fe₂O₃).

Проведені в подальшому роботи з видалення забруднень, очищення внутрішньої поверхні балону та арматури дозволили в короткий проміжок часу відновити працездатність обладнання без проведення позачергових регламентних робіт або опосвідчення балону у спеціалізованих організаціях. Слід зауважити, що послуги з видалення забруднень в таких організаціях як правило обмежуються короточасним змиттям слабоокислюючими розчинами продуктів корозії та гідравлічного випробування балонів тиском. Середня вартість робіт з опосвідчення (без ремонту) в Україні сьогодні становить близько 0,8 тисяч гривень за балон (без урахування логістичних затрат), послуги доступні лише у великих містах.

Якість знімків та характеристики більшості подібних ендоскопічних HD відеокамер бюджетного сегменту дозволяють при огляді окрім забруднень виявляти прояви точкової корозії металу внутрішньої поверхні, дрібні тріщини, вм'ятини та інші uszkodження. Це дає змогу експлуатуючій організації попередньо встановити придатність балону для подальшої експлуатації та доцільність подальших фінансових витрат на обслуговування.

Висновки.

Застосування бюджетних ендоскопічних USB відеокамер для балонів малого літражу в сучасних реаліях в Україні є ефективним рішенням. Загальне зниження якості CO₂ щодо наявності домішок, обмежена кількість спеціалізованих організацій з ремонту та опосвідчення газобалонної техніки, затрати та час на проведення таких робіт суттєво обмежує стабільне функціонування відповідної техніки. Вищенаведений метод дозволяє зменшити

час та затрати на проведення попереднього огляду, та прийняти відповідні рішення щодо подальшої експлуатації.

Ключові слова: ендоскопічні USB-камери, балони CO₂, внутрішні поверхні.

Література

- [1] НПАОП 0.00-1.81-18. Правила охорони праці під час експлуатації обладнання що працює під тиском.
- [2] [ДСТУ 4817:2007. Діоксид вуглецю газоподібний і скраплений. Технічні умови.
- [3] О.А. Панченко, В.В. Несін, “Дослідження впливу компонентів робочого середовища діоксиду вуглецю на розвиток корозії матеріалу зварних балонів малого об’єму”, *Національні інтереси України*, №11(16), 2025, С.407-424, doi: 10.52058/3041-1793-2025-11(16)-407-424
- [4] Ендоскопічна камера 2в1 для iOS і Android (Lighting + Type C) Ø 8 мм жорсткий 1 мм + дзеркало для перегляду під кутом, гачок магніт. IP68.URL: https://optium.com.ua/ua/p2105642783-endoskopicheskaya-kamerakerui.html?srsId=AfmBOopsOisVnNClxgL04duqhtZL6668GW5BWW11031yXEz5_XPCGIK5

UDC 535.317

THERMAL STABILIZATION OF IMAGE QUALITY IN MEDICAL THERMAL IMAGING SYSTEMS

Muraviov O. V., Nahorni M. D.

*National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»,
Kyiv, Ukraine*

E-mail: stals98@ukr.net, nnagornyj253@gmail.com

Infrared thermography is widely recognized as an effective diagnostic technique capable of detecting abnormal physiological processes through analysis of temperature distribution on the human body surface. The method is particularly valuable because it combines several important advantages including: non-invasive measurement, absence of ionizing radiation, real-time diagnostics, high sensitivity to inflammatory processes, capability for early disease detection. Modern medical thermal imaging systems are commonly used in oncology screening, vascular diagnostics, traumatology, dermatology, and rehabilitation medicine. In particular, thermography has demonstrated effectiveness in early detection of breast cancer, inflammatory processes, vascular disorders, and musculoskeletal injuries.

The diagnostic value of thermography strongly depends on the stability of temperature measurements and image quality. In practice, temperature gradients of only 0.5-1 °C may indicate pathological changes. Therefore, any degradation of image sharpness or contrast caused by thermal instability of the optical system may directly reduce diagnostic reliability.

One of the main factors affecting thermographic accuracy is the influence of environmental temperature on the optical system of the thermal imager. Infrared lenses are particularly sensitive to temperature changes due to the high thermo-optic