

## СЕКЦІЯ 7

### НЕРУЙНІВНИЙ КОНТРОЛЬ, ТЕХНІЧНА ТА МЕДИЧНА ДІАГНОСТИКА, ПІДГОТОВКА ФАХІВЦІВ ГАЛУЗИ

УДК 621.3.088

#### ВИКОРИСТАННЯ МАТРИЧНИХ ВИХРОСТРУМОВИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ПЛОЩИННОГО ТИПУ У СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗОВАНОГО НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ

*Левченко О. Е.*

*Національний технічний університет України*

*«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна*

*E-mail: [mail4lsasha@gmail.com](mailto:mail4lsasha@gmail.com)*

Переважає більшість методів та засобів вихрострумове контролю орієнтована на використання первинних перетворювачів у вигляді електричних котушок намотування (повітряних або із магнітним осердям), які мають ряд недоліків та обмежень на застосування. Зокрема вони мають малу гнучкість, яка не дає можливості виявляти дефекти на об'єктах із складною геометрією поверхні, чутливі до зміни властивостей матеріалу, мають низьку термостабільність та повторюваність характеристик при серійному випуску.

Для забезпечення вимог промисловості для контролю об'єктів зі складною геометрією поверхні здійснювались спроби виготовлення та використання площинних вихрострумів перетворювачів (ВСП) на основі друкованих плат на гнучкій основі [1]. Такі компактні друковані котушки забезпечують адаптацію в певних межах ВСП до форми поверхні об'єкта контролю. В доповіді проаналізовано тенденції розвитку площинних ВСП та особливостей їх конструктивних реалізацій.

Площинні котушки на основі друкованих плат виготовляють двох різних типів: а) симетричні, б) спіральні [2]. Перетворювачі обох типів – це ВСП трансформаторного типу з вимірювальною та збуджуючою котушками. Взагалі, перетворювачі трансформаторного типу мають перевагу перед параметричними перетворювачами – мають більш високу температурну стабільність та забезпечують отримання більшого відношення сигнал/шум. В цілому площинні ВСП мають наступні переваги: малі розміри (забезпечують високу роздільну здатність), високий показник термостабільності, низька собівартість, можливість виготовлення перетворювачів на гнучкій основі, висока повторюваність характеристик окремих елементів таких ВСП.

Площинні матричні ВСП розширюють рамки застосування ВСК за рахунок зменшення собівартості ВСП, автоматизації процесу контролю, підвищення швидкості та точності контролю.

*Ключові слова:* вихрострумівий контроль, матричні вихроструміві перетворювачі, автоматизація.

### Література

- [1] S. Soeung, N.B. Zain Ali, M.H. Md Khir, and A. Ahmadi, “Printed circuit board fault inspection based on eddy current testing using planar coil sensor” *Modern Appl. Sci.*, vol. 8, no. 2, p. 142, Mar. 2014.
- [2] C. Gilles-Pascaud, J.M. Decitre, F. Vacher, C. Fermon, M. Pannetier, and G. Cattiaux, “Eddy Current Flexible Probes for Complex Geometries,” *Proceedings* vol. 820, *American Institute of Physics*, 2006.

УДК 37.013.3

## IMMERSIVE TECHNOLOGIES FOR EDUCATION

*Kriukova Y. S., Ameridze O. S.*

*National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine  
E-mail: [ameridze@ukr.net](mailto:ameridze@ukr.net)*

Since the advent of innovative technologies, which are advancing very rapidly in all aspects of our lives, there are significant changes when new technologies appear. Teaching English requires constantly offering students new opportunities for improvement and integrates various immersive learning technologies. The introduction of immersive technologies allows increasing the motivation of the student, his confidence, improving the mastery of the material, and makes it interesting to learn English language. The combination of immersive technologies with traditional technologies significantly improves student performance.

Nowadays, there are current problems of information and communication technologies in education – the use of immersive technologies in higher education. There are multimedia technologies that are implemented into education, using two communication channels (visual and audio) from the five human sense, limiting the potential effectiveness of learning. The study provides an overview of existing technical capabilities for the development of an immersive learning environment. Immersive technologies – including virtual reality and augmented reality – have the potential to revolutionize the way we learn, allowing students to access spaces and interact with experiences that might otherwise be inaccessible to them. The immersive learning allows us to create a realistic environment that reproduces real life as much as possible and train specifically and in details. In this way, we are able to destroy the boundary between theory and practice and, as a result, the required skills become more productive and skills are acquired faster and better. Immersive technologies can be implemented in a variety of standard learning formats. The main goal is to create the closest to reality environment, which will have real working tools with which the student will solve certain cases.

In particular, the essence of such concepts as immersive technologies, virtual reality is revealed. The main attention is focused on the introduction of immersive technologies in higher education. During the study, on the basis of the Technical English language on Instrument making Faculty of the National Technical University

of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" a survey was conducted. The results led to the following conclusions that the use of immersive technologies increases the effectiveness of learning. Students and teachers of higher education have a positive attitude to the trends of modern technologies. Students have a positive attitude to the use of information resources and emphasize the great potential of information technology.

The inclusion of new technologies in the educational process does not mean that you need to change all teaching methods. Nevertheless, the approaches used can be improved through the introduction of immersive technologies such as virtual reality.

For example, Google Expeditions, a free mobile application designed to work with Google cardboard headsets, helps the teacher take students on exciting virtual journeys. To do this, each student must have a headset to join the virtual tour. Google Expeditions uses exciting 360-degree images to create every situation. The teacher, using a tablet instead of a headset, can see all the students while controlling the digital simulation space.

Thus, the processes of implementation of virtual and augmented reality technologies in higher education are quite active.

Virtual excursions are great for learning English. They give students the opportunity to be in an environment where they can learn the language, practicing communication in an unconventionally exciting, memorable, multisensory way.

The positive consequences of the use of immersive technologies in the educational process are analyzed. Installed means of virtual reality form a new interactive way of learning new material and increases the efficiency of learning English.

Thus, the relevance of the introduction of immersive technologies as an additional catalyst during English learning is unconditional. This type of activity is a factor which are able to increase the level of knowledge in any subject discipline of higher education.

*Keywords:* immersive technologies, innovative technologies, virtual reality.

#### **References**

- [1] C. E. Hughes, C. B. Stapleton, D. E. Hughes, E. M. Smith, “Mixed reality in education, entertainment, and training”, in *IEEE Computer Graphics and Applications*, № 25 (6), pp. 24–30, 2005.
- [2] S. Thakral, P. Manhas, C. Kumar, “Virtual Reality and M-Learning”, *International Journal of Electronic Engineering Research*, vol. 2, no. 5, pp. 659–661, 2010.
- [3] Z. Turan, E. Meral, I. F. Sahin, “The impact of mobile augmented reality in geography education: achievements, cognitive loads and views of university students”, *Journal of Geography in Higher Education*, vol. 42, no. 3, pp. 427-441, 2018.

УДК 621.391:519.72

## ЗАСТОСУВАННЯ ПЕРЕТВОРЕННЯ ГІЛЬБЕРТА ДЛЯ АНАЛІЗУ ВУЗЬКОСМУГОВОГО ПЕРІОДИЧНО НЕСТАЦІОНАРНОГО ВИПАДКОВОГО СИГНАЛУ

<sup>1,2)</sup>Яворський І. М., <sup>1,3)</sup>Юзефович Р. М., <sup>1,3)</sup>Курапов П. Р., <sup>1,2)</sup>Мацько І. Й., <sup>1)</sup>Трохим Г. Р.  
<sup>1)</sup>Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України, відділ методів і засобів  
відбору та обробки діагностичних сигналів, Львів, Україна, <sup>2)</sup> Технологічно-природничий  
університет, інститут телекомунікацій, Бидгощ, Польща, <sup>3)</sup> Національний університет  
“Львівська політехніка”, Львів, Україна,  
E-mail: [roman.yuzefovych@gmail.com](mailto:roman.yuzefovych@gmail.com)

Математична модель коливань у вигляді вузькосмугового модульованого випадкового процесу широко використовується в різних галузях обробки сигналів [1]. Для визначення параметрів модуляції використовується перетворення Гільберта

$$\eta(t) = \mathcal{H}\{\xi(t)\} = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\xi(\tau)}{t - \tau} d\tau, \quad (1)$$

яке не змінює амплітуду гармонічних складових вхідного сигналу  $\xi(t)$ , а лише зсуває їх фази на  $-\pi/2$ . На основі (1) введено поняття аналітичного сигналу

$$\zeta(t) = \xi(t) + i\eta(t) = \mu(t)e^{i\psi(t)},$$

огинаючої  $\mu(t) = [\xi^2(t) + \eta^2(t)]^{1/2}$ , миттєвої фази  $\psi(t) = \arctg \frac{\eta(t)}{\xi(t)}$ , а також

миттєвої кутової частоти  $\omega(t) = \frac{d\psi(t)}{dt} = \frac{\xi(t)\eta'(t) - \xi'(t)\eta(t)}{\mu^2(t)}$ . На основі

характеристик введених випадкових процесів може бути означена ширина частотної смуги сигналу  $\Delta\omega = \delta_\omega^2 + E\dot{\mu}^2(t)$ , де  $E$  – оператор математичного сподівання,  $\dot{\mu}^2(t)$  – похідна огинаючої,  $\delta_\omega^2(t) = E[\omega(t)]^2 - [E\omega(t)]^2$  – дисперсія миттєвої частоти. Величина  $E\dot{\mu}^2(t)$  визначає потужність швидкості зміни огинаючої. Сигнал  $\zeta(t)$  розглядають як вузькосмуговий, якщо в  $\Delta\omega^2/[E\omega(t)]^2 \leq 1$ , інших випадках – як широкосмуговий. Слід зауважити, що перетворення Гільберта застосовується для аналізу обох типів сигналів, однак поняття огинаючої має фізичний зміст тільки для вузькосмугових [2].

*Ключові слова:* періодично нестаціонарні випадкові сигнали, перетворення Гільберта, аналітичний сигнал, огинаюча.

### Література

- [1] С. М. Ритов, *Введения в статистическую радиофизику*. Ч. I., Москва, СССР: Наука, 1976.
- [2] Н. Cramer, M. R. Leadbetter, *Stationary and related stochastic processes: sample function properties and their applications*. New York: John Wiley and Sons, 1967.

УДК 53.082:620.1:656.56

## БЕЗКОНТАКТНІ ВИМІРЮВАЧІ СТРУМІВ ДЛЯ ДІАГНОСТИЧНИХ ОБСТЕЖЕНЬ ПІДЗЕМНИХ ТРУБОПРОВОДІВ

*Джала Р. М., Вербенець Б. Я., Джала В. Р., Лозован В. П., Сенюк О. І., Семенюк О. М.*

*Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України, Львів, Україна*

*E-mail: [dzhala.rm@gmail.com](mailto:dzhala.rm@gmail.com), [bohdan\\_v@meta.ua](mailto:bohdan_v@meta.ua), [vjoe@ipm.lviv.ua](mailto:vjoe@ipm.lviv.ua), [vitalulozovan@gmail.com](mailto:vitalulozovan@gmail.com), [ssenya2992@gmail.com](mailto:ssenya2992@gmail.com), [Semenjuk@ipm.lviv.ua](mailto:Semenjuk@ipm.lviv.ua)*

Діагностичні обстеження сталевих підземних трубопроводів (ПТ) традиційно проводять контактними електрометричними методами, основними недоліками яких є трудомісткість і недостатні оперативність та інформативність. Ці недоліки усуваються використанням методу безконтактних вимірювань струмів (БВС) [1].

На основі розвинутих теоретичних основ методу БВС, розроблено базу для проектування систем вхідних перетворювачів апаратури. Серед диференціальних БВС виділено класи градієнтних і паралаксних методів, проаналізовано і зіставлено їх інформативні, метрологічні, технологічні властивості. Запропоновано нові методи БВС з азимутальною і радіальною орієнтаціями бази точок спостереження, з довільним розміщенням бази у поперечній ПТ площині (Рис. 1) з компонентними і модульними первинними перетворювачами [2].

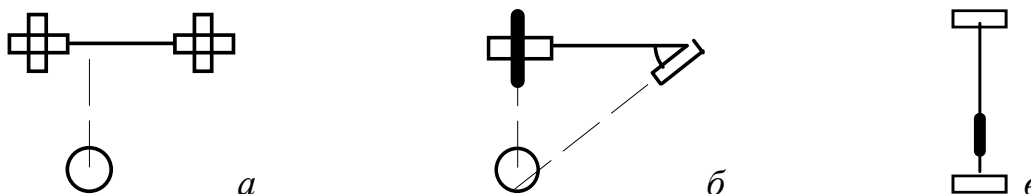


Рис. 1. Способи БВС: *a* – інваріантний; *б* – азимутальний (паралаксний); *в* – радіальний (градієнтний)

Запропоновано низку нових пристроїв БВС. Зокрема, чотири жорстко пов'язані між собою однокомпонентні магнетоприймачі (рис. 1, *a*) дають можливість безконтактно вимірювати струм без орієнтації відносно ПТ. За реалізацією цього способу в експериментальних зразках апаратури БІТ-3 (з опрацюванням сигналів на мікрокалькуляторі) було вперше безконтактно виміряно розподіли компоненти струму установки катодного захисту (УКЗ) вздовж магістральних газопроводів.

Для оперативних обстежень ПТ з метою запобігання їх пошкоджень було розроблено апаратуру БІТ-К, яка має один вимірювальний магнетосприймач (рис. 1, *б*) і два додаткові: для індикації орієнтації антени відносно ПТ і для корекції змін відстані (глибини залягання ПТ). Створена апаратура БІТ-КВП [1, 2] (рис. 2, *a*) дає можливості визначати місце, напрям і глибину залягання трубопроводів і струмопровідних комунікацій та вимірювати силу струму з

корекцією рельєфної похибки без підключення до трубопроводу і землі; додатково споряджена вольтметром для традиційних контактних вимірювань і електронною пам'яттю. Результати вимірювань через інтерфейс за спеціальною програмою переводяться у персональний комп'ютер для автоматичного опрацювання і документування [1].

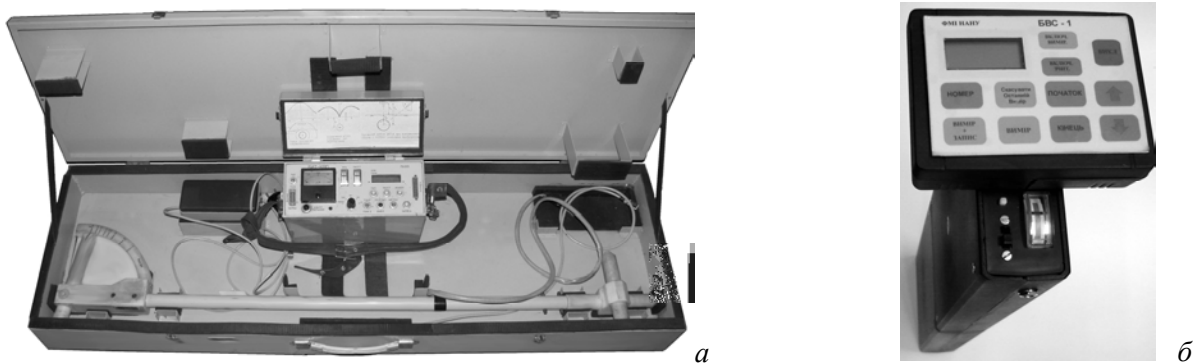


Рис. 2. Комплект апаратури БІТ-КВП для безконтактних вимірювань струму ПТ з корекцією відстані, з вольтметром і електронною пам'яттю (а) та безконтактний вимірювач струмів і глибини залягання ПТ БВС (б).

Серію приладів типу БІТ-К, БІТ-КВ, БІТ-КВП було виготовлено на Дослідному заводі ФМІ і передано за договорами для обстежень магістральних трубопроводів газу, нафти, аміаку, етилену, води та інших підземних комунікацій в Україні та за кордоном.

Розроблено нову апаратуру БВС (рис. 2, б) за радіальним способом (рис. 1, в) з поліпшеними експлуатаційними характеристиками [2, 3].

Безконтактні вимірювачі струмів дають можливості оперативно контролювати стан пасивного (ізоляція) і активного (катодна поляризація) захисту від корозії підземних (підводних) сталевих трубопроводів і пов'язаних з ними металевих споруд. Ефективність та інформативність БВС підтверджена результатами проведених наукових досліджень, натурними випробуваннями та реальними використаннями на трасах підземних трубопроводів [1] - [3].

**Ключові слова:** вимірювачі струму безконтактні, трубопроводи підземні, протикорозійний захист, контроль, діагностика, прилади.

#### Література

- [1] Р.М. Джала, «Основи обстеження і контролю корозійного стану підземних трубопроводів», у *Міцність та довговічність нафтогазових трубопроводів і резервуарів*, «Механіка руйнування і міцність матеріалів», Довідн. посібник, Під заг. ред. В.В. Панасюка. Львів, Україна: Сполом, Том 11, Розділ 6, с. 143-184, 2009.
- [2] Р.М. Джала, В.Р. Джала, І.Б. Івасів, В.Г. Рибачук, В.М. Учанін, *Електрофізичні методи неруйнівного контролю дефектності елементів конструкцій*. Довідниковий посібник «Технічна діагностика матеріалів і конструкцій» за заг. ред. З.Т. Назарчука. Том IV. Львів, Україна: Простір-М, 2018.
- [3] Roman Dzhala, Vasyl Dzhala, Bohdan Verbenets'. Noncontact testing of underground pipelines corrosion. *Theoretical and practical aspects of the development of the European Research Area: Collective monograph* – Riga, Latvia: “Publishing House “Baltija Publishing”, p.212-232, 2020. DOI: 10.30525/978-9934-588-53-2-53.



UDK 535-15

## THERMAL IMAGING DIAGNOSTIC IN MEDICAL APPLICATIONS

*Muraviov O. V., Nakonechna A. V.*

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

*E-mail: [stals98@ukr.net](mailto:stals98@ukr.net), [anstasiankyk@gmail.com](mailto:anstasiankyk@gmail.com)*

Thermal imaging is used for a wide range of applications today. From security and surveillance to monitoring critical infrastructure, the ability to see beyond the visible spectrum of light to detect heat sources has been highly valuable in numerous ways. One of the latest adopters of thermal imaging is the medical industry, specifically for diagnoses and monitoring of chronic conditions.

Using of thermal imaging camera is a highly effective and informative means of patients screening for the detection of inflammatory processes in the early disease stages. Nowadays criteria of thermal imaging diagnostics for more than two hundred diseases and pathological conditions are developed and this list is constantly being replenished.

It is known, that various parts of human body have an individual normal average temperature, due to the existence of features in the degree of their blood supply and innervations. However, surface temperature of symmetrical sections for the same areas does not significantly differ normally. Consequently, opposite symmetrical region of the body should be used as a control site for identifying pathologies.

Medical thermography is becoming more widely used every day in multi-disciplinary medical institutions. The work of thermographer during screening diagnostics takes place, as a rule, in unstable environmental conditions. This determines requirements for medical worker to have a high qualification and special abilities to take into account the influence of external factors, as well as, incomplete thermal adaptation of patients in the diagnostic process [1]. Therefore, one of the pressing issues remains the increase in the information content and the correspondence of the taken indicators to the real temperature of the surface area of the object under observation. Therefore, one of the pressing issues remains the increase in information content and correspondence of taken indicators to real temperature of surface area at observation object. It is worth noting, that diagnosis adequacy also depends on correct interpretation of thermograms, which, in turn, is possible only when a clear image with high quality is obtained. The above parameters largely depend on the operating conditions and influence of environmental factors to thermography camera design.

Today, thermography diagnostics is used in various areas of medicine: oncology, mammalogy, otorhinolaryngology, cardiac surgery, forensic examination and others. One of the most important problems at cardiac surgical interventions is ischemic myocardial damage, since normal coronary perfusion is absent due to aorta clamping. For complete control over the temperature distribution using of infrared cameras is promising and innovative, that allows to get a highly informative image of tempera-

ture distribution on entire heart surface [2, 3].

Temperature fluctuations on myocardium surface in study area are clearly defined during hypothermia and hyperthermia under conditions of cardiopulmonary bypass. Exact temperature control of cooling and heating for brain and heart tissues minimizes cardiopulmonary bypass time and provides maximum protection of myocardium during surgery manipulation.

Temperature lowering of the heart and brain from +36 °C to +18 °C is the main factor in protecting against brain hypoxic damage when these organs are turned off from blood circulation during open heart surgery. During warming at the initial stage temperature difference between heat transfer agent and human body should not exceed 5 °C. At other stages of patient warming until 36 °C, the temperature gradient should not exceed 8 °C and heat transfer agent temperature should be strictly maintained in range of 39,0-39,5 °C [4]. Consequently, during such operations high-precision temperature control is necessary, both for the heat carrier and patient.

Thermal imaging cameras use two wavelength ranges of the optical spectrum that correspond to atmospheric transparency windows: 3-5 micrometers or 8-14 micrometers. However, in the case of medical thermography choice of spectral range is not solely due to requirements of atmosphere transparency, since measurement object (human) is situated close to the camera and level of infrared radiation absorption by air is significant less [5]. At the same time, it was found that thermography cameras operating in spectral range of 3-5 μm are more sensitive to reflexes of skin reradiation from thermal radiation external sources [6]. Considering that the maximum spectral intensity of human body radiation with temperature of 37 °C is approximately at 9.3 μm [7] and the influence of spurious backgrounds is less significant in range of 8-14 μm, it is advisable focusing at photodetector nodes design for medical thermal imagers of this spectral range.

*Keywords:* infrared imaging camera, medical heat vision, open heart surgery, thermography diagnostics, thermogram analysis.

#### References

- [1] Zhong-Shan Deng, Jing Liu, "Enhancement of thermal diagnostics on tumors underneath the skin by induced evaporation", in *Proc. of the 2005 IEEE Engineering in Medicine and Biology 27th Annual Conference*, Shanghai, 2005, pp. 7525-7528.
- [2] А. В. Муравьев, "Пассивная термостабилизация оптической системы тепловизора и перспективы его применения в медицинской диагностике", на *10-й Междунар. научно-техн. конф. Приборостроение*, Минск, 2017, с. 385-387.
- [3] К. М. Ставоровский, "Автоматична діагностика та аналіз термограмм в медичній практиці", *ElectronComm*, vol. 19, № 1 (78), с. 47-55, 2014.
- [4] О. В. Муравйов, О. О. Назарчук, "Компенсація терморозфокусування оптичної системи тепловизора та перспективи його використання в медичній діагностиці", *Вісник інженерної академії України*, № 1, с. 124-131, 2017.
- [5] A. G. Protasov and H. A. Bohdan, "Application of the digital orthogonal method of phase measurement for characteristics materials definition by ultrasonic method", *Naukovi visti NTUU «KPI». Serii Tekhnichni nauky*, no. 2, pp. 87-93, 2016.
- [6] А. В. Муравьев, "Пассивная атермализация оптической системы медицинского термографа", *TRENDS OF MODERN SCIENCE*, vol. 15, pp. 88-91, 2018.



[7] О. О. Назарчук, О. В. Муравйов, “Компенсація терморозфокусування оптичної системи термографа”, *Біомедична інженерія*, № 5, с. 66-67, 2017.

УДК 378

## РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ ВИКЛАДАЧІВ ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ЩОДО РОЗВИТКУ У СТУДЕНТІВ ДОВІРИ

*Лашко О. В.*

*Національний технічний університет України*

*«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна*

*E-mail: [e.lawko@kpi.ua](mailto:e.lawko@kpi.ua)*

Довіра – основа будь-якої взаємодії, у тому числі й освітньої, яка тлумачиться як міжособистісна взаємодія учасників освітнього процесу. Довіра є засобом реалізації партнерської, суб'єкт-суб'єктної взаємодії викладачів і студентів. Питання довіри в освітній взаємодії у технічному університеті довгий час залишалося відкритим для української науки. Разом з тим, дослідження особливостей прояву, детермінації та розвитку довіри студентів до викладача у технічному ЗВО актуальне у контексті сучасних процесів гуманізації вищої технічної освіти.

Результати теоретико-емпіричного дослідження ролі довіри в освітній взаємодії, особливостей прояву довіри та її детермінації у процесі фахової підготовки майбутніх інженерів висвітлені у наших роботах [1], [2], [3] та ін. На підставі отриманих результатів було розроблено й апробовано програму розвитку довіри студентів до викладача у технічному університеті [4]. Доведення ефективності розробленої програми дозволило сформулювати рекомендації для викладачів технічного університету щодо організації освітньої взаємодії з метою розвитку довіри у студентів. Ці рекомендації містять педагогічний та психологічний вектори організації освітньої взаємодії.

*Педагогічні аспекти* розвитку довіри до викладача у студентів технічного університету включають такі позиції:

1) організація вступної частини:

- першу зустріч із студентами рекомендується розпочати із знайомства: розкриття викладачем формальної і неформальної інформації про себе та запрошення до діалогу створює атмосферу доброзичливості, підґрунтя для формування довіри;

- під час організаційної зустрічі рекомендується висвітлити перелік тем і структуру курсу, зорієнтувати студентів у методичних і дидактичних матеріалах до вивчення курсу, електронних джерел, контактів для організації дистанційної взаємодії із викладачем у разі потреби тощо;

- рекомендується узгодити із студентами «правила» взаємодії, порядок проведення занять, систему оцінювання тощо;

2) рішення про вибір теми для вивчення на поточному занятті рекомендується приймати спільно із студентами: розподіл відповідальності за процес вивчення теми активізує автономність студентів, що підвищує мотивацію до навчання;

3) розподіл відповідальності впливає на відвідуваність занять; відсутність жорсткого контролю за відвідуваністю з боку викладача створює ситуацію довіри до студентів, підвищує усвідомленість та відповідальність студентів;

4) лекційні заняття рекомендується проводити у формі діалогу, спонукаючи студентів до дискусій;

5) практичні заняття, комп'ютерні практикуми, лабораторні роботи рекомендується проводити у формі супроводу, при цьому:

- організувати навчання через занурення у практику розв'язування навчальних завдань;

- відмовлятися від системи «виклику до дошки», надаючи студентам можливість самостійно виявляти бажання публічно розв'язувати завдання, доповідати тощо;

- коментувати дії студента під час публічного розв'язування завдання, відслідковуючи логіку групового процесу; запитаннями залучати до обговорення інших учасників групи;

- займати позицію спостерігача, покладаючись на процеси самоорганізації у групі;

б) контрольні заходи рекомендується проводити з попереднім узгодженням із студентами форм та порядку проведення;

7) систему та принципи оцінювання повинні стосуватися не особистості студента, а його успішності; рекомендується протягом всього часу взаємодії нагадувати студентам критерії оцінювання, обґрунтовувати й узгоджувати із студентами рейтингові оцінки;

*Психологічні аспекти* розвитку довіри до викладача у студентів технічного університету включають такі позиції:

1) загальний рекомендований підхід до організації освітньої взаємодії:

- дотримання принципів, визначених як передумови екологізації освітнього середовища [5]; перехід від критичного мислення до екологічного;

- перехід від директивного управління навчанням до супроводу і наставництва;

2) проведення організаційної зустрічі:

- першу зустріч рекомендується розпочинати із знайомства, в процесі якого рекомендується демонструвати конгруентність, саморозкриття, довіру;

- під час першої зустрічі рекомендується встановити «робочий союз» із групою, сприяти створенню у групі атмосфери безпеки та рівної взаємодії;

- під час установчої зустрічі рекомендується об'єднатися із студентами до проблемно-орієнтованої групи для вирішення завдань вивчення дисципліни;

3) активізувати мотивацію студентів до навчання рекомендується шляхом розподілу відповідальності між викладачем і групою за постановку й вирішення

навчальних завдань, шляхом спонукання студентів до автономності на шляху професійного становлення;

4) вибір теми для вивчення на поточному занятті рекомендується здійснювати, виходячи з когнітивних особливостей процесу пізнання групи в цілому та кожного студента зокрема; під час проведення групових занять рекомендується підтримувати всередині групи когнітивну емпатію;

5) комунікативну взаємодію із студентами рекомендується організовувати, виходячи із позиції партнерства, взаємної поваги, врахування та узгодження позицій кожного; утримуватися від експертної позиції, надаючи перевагу саморегуляції та самоорганізації групи; з метою активізації суб'єктності й автономності студентів рекомендується утворювати проблемно-орієнтовані групи із вирішення навчальних завдань під час кожного заняття; при цьому викладач постає не експертом, а частиною групового процесу, а студенти залучаються до процесу за власними бажанням та готовністю;

6) у процесі проведення занять рекомендується сприяти формуванню психологічно безпечного середовища, де панує атмосфера прийняття, є місце для прояву емоцій, емоційної емпатії, як студентами, так і викладачем; можливість проявляти конгруентність сприяє розвитку довіри;

7) контрольні заходи в атмосфері виправданої вимогливості, доброзичливості, з попереднім узгодженням із студентами умов і форм їхнього проведення та оцінювання результатів; рекомендується дотримуватися правила безоціночних суджень по відношенню до особистості студента та оцінювати його успіхи у навчанні;

8) вияв викладачем довіри до студентів сприяє розвитку довіри у відповідь, а отже викладачам рекомендовано надавати студентам «кредит» довіри, керуватися профіцитарним підходом по відношенню до студентів, до себе та самої ситуації взаємодії.

Наведені рекомендації можуть стати у нагоді у процесі організації освітньої взаємодії з метою її гармонізації та розвитку у студентів довіри до викладача у технічному університеті.

*Ключові слова:* довіра, студент, викладач, технічний університет, освітня взаємодія, розвиток довіри.

#### **Література**

- [1] О. В. Юрченко, «Роль і місце довіри у взаємодії між студентом і викладачем технічного університету», *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Психологічні науки*, т. 2, вип. 82, с. 299-303, 2010.
- [2] O. Lashko, O. Velychko, “Study OF Social Trust Among the Students of Higher Education Institutions”, *Science. Business. Society*, issue 4/2016, pp. 41-42, 2016.
- [3] О. В. Лашко, «Вікові особливості прояву довіри студента до викладача у технічному університеті», *Габітус*, вип. 13, т. 2, с. 81-86, 2020.
- [4] О. В. Лашко, «Програма розвитку довіри до викладача у студентів технічного університету», *Габітус*, вип. 18, т. 2, с. 77-82, 2020.
- [5] Е. В. Лашко, «Принципы экологичности в образовательном процессе при подготовке

спеціалістів технічного університета», *Science and Education a New Dimension. Pedagogy and Psychology*, no. V (58), issue 133, p. 20-23, 2017.

УДК 620.179.132

## АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ПІДШИПНИКА

*Перетяка Н.О.*

*Університет інтелектуальних технологій і зв'язку, Одеса, Україна*

*E-mail: [peretyakanataa@gmail.com](mailto:peretyakanataa@gmail.com)*

Головним недоліком пасивного методу теплового неруйнівного контролю підшипників є тривалість часу виходу об'єкту контролю в режим контролю [1].

Метод визначення швидкості нагріву підшипників кочення та порівняння отриманих значень із діапазоном допустимих значень критерію «БП» дозволяє скоротити час випробування підшипникового вузла і дати оцінку технічного стану підшипників кочення на початку експлуатації устаткування за швидкістю нагріву. Це дає змогу зменшити споживання електроенергії через можливість раннього відключення енергоспоживаючого устаткування у разі дефекту підшипникового вузла [2]. Недоліком цього методу є необхідність розраховувати швидкість нагрівання відповідно до отриманих значень температури нагрівання підшипника.

Розроблена прикладна програма «Bearing», яка дає змогу автоматично розрахувати швидкість нагріву за отриманими значеннями температури нагріву, оцінити технічний стан підшипника кочення за критерієм швидкості нагріву «БП», порівняти значення температури із нормованими і зробити висновок про технічний стан підшипника кочення.

Програму «Bearing» створено з використанням мови програмування Python 3.8.32 і призначено для обробки та аналізу даних про температуру нагріву підшипників кочення на основі будь-якої операційної системи для ПК або мобільного пристрою. Для графічної візуалізації програми була використана бібліотека tkinterlibrary. Для обробки даних була використана панда-бібліотека. Код програми вказаний на рисунку 1. Програма пристосована для введення значень температури щохвилини. Значення температури нагріву вносять в електронну книгу у вигляді файлу формату *xlsx*, *xls*, створеного за допомогою програмного комплексу Microsoft Office Excel (рисунок 2).

У вхідному файлі – електронній *xlsx*-книзі, кількість деталей регулюється кількістю листів в самій книзі (програма проводить розрахунки по кожному листу). Оцінка технічного стану підшипників кочення виконується програмою для кожного підшипника, якому відповідає один лист *xlsx*-книги.

Зовнішній вигляд діалогового вікна для введення інтервалу часу регулярного режиму нагріву підшипника, нормованої максимальної температури і швидкості нагріву підшипника вказаний на рисунку 3.



Рис. 1. Код програми «Bearing»

| time, T | temperature, t (C) |
|---------|--------------------|
| 1       | 1                  |
| 2       | 2                  |
| 3       | 3                  |
| 4       | 4                  |
| 5       | 5                  |
| 6       | 6                  |
| 7       | 7                  |
| 8       | 8                  |
| 9       | 9                  |
| 10      | 10                 |
| 11      | 11                 |
| 12      | 12                 |
| 13      | 13                 |
| 14      | 13                 |
| 15      | 14                 |
| 16      | 15                 |
| 17      | 16                 |
| 18      | 17                 |
| 19      | 18                 |
| 20      | 19                 |
| 21      | 20                 |
| 22      | 21                 |
| 23      | 22                 |
| 24      | 23                 |
| 25      | 24                 |
| 26      | 25                 |
| 27      | 26                 |
| 28      | 27                 |
| 29      | 28                 |
| 30      | 29                 |
| 31      | 30                 |

Рис. 2. Вид вхідного файлу

Розрахунок придатності підшипників

Шлях до файлу:  Пошук

Контролюєміий проміжок часу, T:

Максимальна швидкість нагріву, delta:

Максимальна температура, t\_max:

Розпочати

Рис. 3. Діалогове вікно програми «Bearing»

В ході виконання програми з розрахунку швидкості нагріву підшипників кочення та порівняння отриманих даних температури і швидкості нагріву з нормованими формується два звіти: скорочений – у вигляді текстового файлу в форматі txt (рисунок 4) і детальний – у вигляді електронної таблиці в форматі xlsx або xls (рисунок 5).

```

Деталь №1 (Лист1)
Загальна придатність: НЕПРИДАТНИЙ

Придатність по Tmax: False
time, T temperature, t (C) Tmax is in borders
33.0 71.0 False

Придатність по delta_t: False
time, T temperature, t (C) delta delta is in borders
15.0 33.1 1.1 False
24.0 37.5 1.3 False
25.0 39.0 1.5 False

Деталь №2 (Лист2)
Загальна придатність: НЕПРИДАТНИЙ

Придатність по Tmax: False
time, T temperature, t (C) Tmax is in borders
33 71.0 False

Придатність по delta_t: True

Деталь №3 (Лист3)
Загальна придатність: ПРИДАТНИЙ

Придатність по Tmax: True
Придатність по delta_t: True
    
```

Рис. 4. Скорочений звіт

| time, T | temperature, t (C) | Tmax is in borders | delta | delta is in borders |
|---------|--------------------|--------------------|-------|---------------------|
| 1       | 1                  | ИСТИНА             |       |                     |
| 2       | 2                  | ИСТИНА             |       |                     |
| 3       | 3                  | ИСТИНА             |       |                     |
| 4       | 4                  | ИСТИНА             |       |                     |
| 5       | 5                  | ИСТИНА             |       |                     |
| 6       | 6                  | ИСТИНА             |       |                     |
| 7       | 7                  | ИСТИНА             |       |                     |
| 8       | 8                  | ИСТИНА             |       |                     |
| 9       | 9                  | ИСТИНА             |       |                     |
| 10      | 10                 | ИСТИНА             |       |                     |
| 11      | 11                 | ИСТИНА             |       |                     |
| 12      | 12                 | ИСТИНА             |       |                     |
| 13      | 13                 | ИСТИНА             |       |                     |
| 14      | 13                 | ИСТИНА             |       |                     |
| 15      | 14                 | ИСТИНА             |       |                     |
| 16      | 15                 | ИСТИНА             | 1.1   | ЛОЖЬ                |
| 17      | 16                 | ИСТИНА             | 0.1   | ИСТИНА              |
| 18      | 17                 | ИСТИНА             | 0.9   | ИСТИНА              |
| 19      | 17.5               | ИСТИНА             | 0     | ИСТИНА              |
| 20      | 18                 | ИСТИНА             | 0.5   | ИСТИНА              |
| 21      | 19                 | ИСТИНА             | 0.5   | ИСТИНА              |
| 22      | 20                 | ИСТИНА             | 0.1   | ИСТИНА              |
| 23      | 21                 | ИСТИНА             | 0.1   | ИСТИНА              |
| 24      | 22                 | ИСТИНА             | 0.8   | ИСТИНА              |
| 25      | 23                 | ИСТИНА             | 0.1   | ИСТИНА              |
| 26      | 24                 | ИСТИНА             | 1.1   | ЛОЖЬ                |
| 27      | 25                 | ИСТИНА             | 1.5   | ЛОЖЬ                |
| 28      | 26                 | ИСТИНА             | -1    | ИСТИНА              |
| 29      | 27                 | ИСТИНА             |       |                     |
| 30      | 28                 | ИСТИНА             |       |                     |
| 31      | 29                 | ИСТИНА             |       |                     |

Рис. 5. Розгорнутий звіт

При формуванні скороченого звіту у вигляді текстового файлу «Назва вхідного файлу-REPORT» в форматі txt, технічний стан підшипника визнається як «придатний» або «непридатний» до подальшого використання. Висновок формується шляхом порівняння отриманих значень контрольованих параметрів з введеними вручну нормованими значеннями швидкості нагріву за критерієм

«БП» і максимальною допустимою температурою нагріву. При формуванні розгорнутого звіту у вигляді текстового файлу «Назва вхідного файлу-REPORT» в форматі *xlsx* або *xls* визнається як «Истина» або «Ложь».

Контроль швидкості нагріву підшипників здійснюється на стадії регулярного нагріву, яке є індивідуальним для кожного підшипника. В програмі «Bearing» передбачена функція встановлення інтервалу часу, в якому розраховується швидкість нагріву підшипника за формулою:

$$v_{\text{нп}} = \frac{\Delta T_{\text{ал}}}{\Delta t}, \quad (1)$$

де  $\Delta T_{\text{ал}}$  - абсолютний ланцюговий приріст контрольних вимірів температури, °C;  $\Delta t$  - інтервал часу між контрольними вимірюваннями температури, хв.

У режимі неупорядкованого і стабілізованого режиму нагріву розрахунок швидкості нагріву не проводиться, у зв'язку з тим, що режим неупорядкованого нагріву не придатний для діагностики, а в стабілізованому режимі швидкість нагріву наближена до нуля.

Тривалість контролю температури нагріву залежить від нормованого часу стабілізації нагріву підшипника. Тривалість моніторингу параметру швидкості нагріву залежить від інтервалу регулярного режиму нагріву підшипник, який передує режиму стабілізації нагріву. При оцінці параметру швидкості нагріву, можна скоротити час контролю, увівши дані температури лише під час регулярного режиму нагріву.

Якщо програма використовується в режимі ручного введення даних, зручно вводити отримані значення температури нагріву в особистому смартфоні, в який інтегрується програма «Bearing». За результатами розрахунку швидкості нагріву, які відображаються на екрані телефону, оператор має змогу робити оперативну оцінку технічного стану підшипника кочення. Якщо потрібно створити базу даних технічного стану підшипників, подальша передача інформації в формі файлу звіту «Назва вхідного файлу-REPORT» передається зі смартфона до архіву центрального комп'ютера. Передача здійснюється через дротовий або бездротовий Wi-Fi із підтримкою IEEE 802.11 пристроїв.

На виробництві виникає змога використовувати програму «Bearing» інтегрувавши її в автоматизовану систему моніторингу за фактичним станом обладнання.

Таким чином впровадження програми «Bearing» для контролю працездатності підшипників дозволяє усунути вплив людини на результати контролю та здійснити оперативну оцінку технічного стану підшипника кочення.

*Ключові слова:* неруйнівний контроль, пасивний метод теплового контролю, підшипник кочення, автоматизація.

#### **Література**

- [1] О. В. Радько, Н. А. Медведева, та О. І. Кремешний, «Вибір методів контролю якості конструкційних елементів машин та механізмів», *Системи озброєння і військова техніка*, № 2(42), с. 127-130, 2015.



- [2] Н. Перетяка, «Аналіз даних теплового контролю шпindelних опор настільного токарно-гвинторізного верстата», *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, № 2, с. 91-98, 2019. DOI: <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2019-143-2-91-98>

УДК 37.013.3

## KEY CHALLENGES IN INTRODUCING INNOVATIVE TECHNOLOGIES INTO THE EDUCATIONAL PROCESS

*Kriukova Y. S., Ameridze O. S.*

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

*E-mail: [ameridze@ukr.net](mailto:ameridze@ukr.net)*

Before considering the current situation in the higher education system, it is necessary to determine what is the basis of innovation and what is their relevance. The term "innovation" translated from Latin means "renewal, innovation or change." Innovations exist in various spheres of human activity, but in educational activities is the use of new knowledge, techniques, approaches, technologies for obtaining results in the form of educational services due to social and market demands.

Innovative learning technologies include: interactive learning and computer technologies. Innovative learning technologies that reflect the essence of the future profession, form the professional qualities of a specialist, are a kind of training ground where students are able to practice professional skills in conditions close to real [1]. Modern innovative technologies has been introduced into the system of higher education elements due to problematic issues of the scientific research. Many authors distinguish the following innovative learning technologies such as contextual, simulation, problem, modular, full acquisition of knowledge, distance learning.

Students can form innovative thinking, firstly because of active motivation in learning, implements the requirements of self-management, individual self-government to achieve ambitious (in the good sense of the word) life goals, secondly, if the educational process reflects the full life cycle of professional activity with its innovations and contradictions. Modern processes taking place in our country no longer speak of possible transitions to innovative technologies in education, but of a sustainable development of the entire education system, which is inconceivable without innovation, as it is dictated by the socio-economic conditions of society.

Analysis of scientific and pedagogical literature shows that innovative learning models are based on the concept of developmental learning. Approximate generalized model of innovative learning involves: active participation of students in the learning process; opportunities for applied use of knowledge in real conditions; approach to learning as a collective rather than individual activity; emphasis on the learning process, not on memorizing information.

Considering all participants in the educational process (teacher and student) it is necessary to understand that innovation is primarily associated with the teacher's

awareness of the need for change, innovation. E. Rogers identified four options for the perception of innovation by the individual: 1) the perception of innovation with its subsequent use; 2) complete rejection of innovation; 3) perception with a refusal to innovate; 4) rejection of innovation with subsequent perception [2].

Since the main task of psychological and pedagogical support of the learning process is self-learning and self-education, the current situation of student readiness for self-regulation of their own learning process and self-control of their actions remains a high bar, the dream of every teacher.

The most common innovations: information and communication technologies, personality-oriented learning, design and research activities, gamification technologies.

However, it turns out that using their experience is not so simple for a number of reasons. The main problems can be formulated as follows:

insufficient methodical elaboration of innovations, necessity of retraining and motivation of personnel, low motivation of students, lack of necessary material and technical equipment of educational institutions, insufficient methodical elaboration of innovations, constructive novelty is created by teachers-innovators.

Speaking of innovations in higher education, we must not underestimate the psychological barriers that arise when a person encounters something new and unknown, always causes people anxiety and fear.

*Keywords:* innovative learning technologies, innovation, innovative learning models.

#### **References**

- [1] K. Johnson, E. Magusin, *Exploring the digital library. A guide for online teaching and learning*. Jossey-Bass, 162 p, 2005.
- [2] E. M. Rogers, (1962). *Diffusion of innovations*. New York: Free Press of Glencoe. Chicago - Turabian - Author Date Citation (style guide). Rogers, Everett M., 2017.
- [3] Resta Paul (ed.), *Information and Communication Technologies in Teacher Education. A Planning Guide*. UNESCO: Division of Higher Education, 237 p, 2002.

УДК 535.361: 620.186

### **ЗАСТОСУВАННЯ ПКВМ-МІКРОКОНТРОЛЕРА ДЛЯ АНАЛІЗАТОРА КОРОЗІЙНИХ МІКРОУШКОДЖЕНЬ ПОВЕРХОНЬ КОНСТРУКЦІЙ НА ОСНОВІ ДИФУЗНОГО ВІДБИВАННЯ СВІТЛА**

*Джала Р. М., Івасів І. Б., Червінка Л. Є., Червінка О.О.*

*Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, Львів, Україна*

*E-mail: [dzhala.rm@gmail.com](mailto:dzhala.rm@gmail.com), [igreg@ukr.net](mailto:igreg@ukr.net), [luda.chervin@gmail.com](mailto:luda.chervin@gmail.com), [orest4@gmail.com](mailto:orest4@gmail.com)*

Розглядається задача створення аналізатора корозійних мікроушкоджень поверхонь конструкцій на основі дифузного відбивання світла (ДВС).

Створення такого аналізатора потребує розв'язання технічних та теоретичних задач і подолання пов'язаних з ними протиріч. Одне з таких протиріч полягає у поєднанні надійності конструкції сенсора, важливої для

роботи в польових умовах, з простотою його реалізації та обслуговування, що впливає на вартість приладу і його використання. Інше протиріччя – між простотою інтерпретації отриманого оптичного сигналу та репрезентативністю отриманих оцінок характеристик корозійних мікроушкоджень.

Для часткового розв’язання вказаних протиріч пропонується використовувати розроблений призматичний сенсор ДВС, оптична конфігурація якого показана у праці [1]. Там же описана оптико-механічна схема сенсора ДВС і блок електроніки, який складається з генератора струму світлодіода, що керується генератором імпульсів, 15-канальної схеми обробки сигналу, АЦП, рідкокристалічного цифрового індикатора, схеми вибору каналів з цифровим індикатором каналів та блоку живлення.

Для удосконалення сенсора ДВС, замість запропонованої в [1] схеми формування і обробки сигналу, тут пропонуємо всі компоненти схеми (крім генератора імпульсів струму для світлодіода та первинних підсилювачів сигналів фотодіодної лінійки) синтезувати за допомогою UDB-матриці ПКВМ-мікроконтролера PSoC5 від Cypress Semiconductor (рис. 1). Перевагами такого підходу є більша гнучкість проектування, можливість програмного вирівнювання каналів обробки сигналів, можливість їх попередньої цифрової обробки з виведенням даних на матричний рідкокристалічний індикатор або їх передачі в ПК за допомогою послідовного асинхронного інтерфейсу.

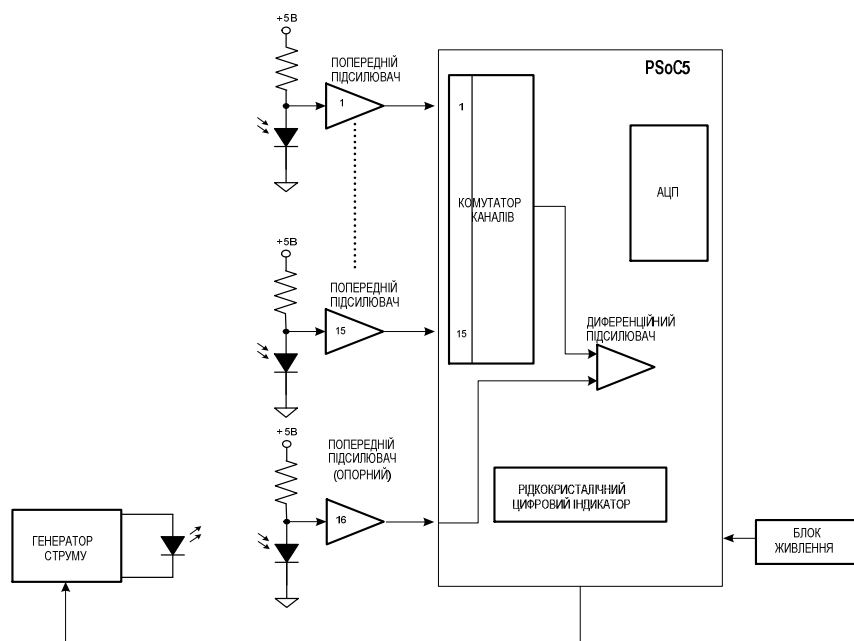


Рис. 1. Блок-схема формування і обробки сигналу сенсора дифузного відбивання світла

Другою важливою задачею зі створення аналізатора є розробка ефективного алгоритму відтворення характеристик корозійних мікроушкоджень (концентрації та середнього розміру зерен корозії) за сигналами сенсора.

У [2] описано алгоритм, що базується на зворотному методі Монте-Карло моделювання поверхневої конфігурації мікроушкоджень із прямою Монте-

Карло симуляцією формування сигналу сенсора дифузного відбивання світла для такої конфігурації. Такий підхід є доволі громіздкий і потребує багато часу на відтворення характеристик мікроушкоджень та використання потужного ПК.

Для підвищення ефективності відтворення характеристик мікроушкоджень пропонується використання алгоритмів, базованих на нейронних мережах, з використанням для їх тренування наборів сигналів сенсора від синтезованих імітаторів мікроушкоджень. Водночас, використання замість амплітудних значень сигналів їх специфічних характеристик (наприклад, гладкість обвідної чи положення піків [2]) дає можливість суттєво зменшити розмір вхідного та прихованих шарів нейронної мережі. Це дозволяє розраховувати характеристики мікроушкоджень на самому ПКВМ-мікроконтролері. При цьому замість мікроконтролера PSoC5 доцільно використовувати PSoC6, який має значно більший обсяг флеш-пам'яті.

Таким чином, використання мікроконтролера дає змогу створити портативний прилад за рахунок спрощення електронного блоку з одночасним підвищенням надійності та розрахунку характеристик мікроушкоджень у пристрої з використанням натренованої нейромережі.

*Ключові слова:* корозійні мікроушкодження поверхні, аналізатор, сенсор, дифузне відбивання світла, ПКВМ-мікроконтролер, нейронна мережа.

#### **Література**

- [1] Р. М. Джала, І. Б. Івасів, Л. Є. Червінка, О. О. Червінка, «Сенсор дифузного відбивання світла для раннього виявлення пошкоджень лакофарбових покривів», *Відбір і обробка інформації*, вип. 42 (118), с.58-67, 2015.
- [2] Р. М. Джала, В. Р. Джала, І. Б. Івасів, В. Г. Рибачук, В. М. Учанін, *Електрофізичні методи неруйнівного контролю дефектності елементів конструкцій*. Довідниковий посібник «Технічна діагностика матеріалів і конструкцій» за заг. ред. З.Т. Назарчука. Том IV. Львів, Україна: Простір-М, 2018.

УДК 519.117.3

### **ВСТАНОВЛЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ОБЛАДНАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІБРОДІАГНОСТИЧНИХ СИСТЕМ ВІДБОРУ ТА ОБРОБКИ ВІБРАЦІЙНИХ СИГНАЛІВ**

- <sup>1,2)</sup>Юзефович Р. М., <sup>1,3)</sup>Яворський І. М., <sup>1)</sup>Личак О. В., <sup>1)</sup>Стецько І. Г., <sup>1)</sup>Варивода М. З.  
<sup>1)</sup>Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України, відділ методів і засобів відбору та обробки діагностичних сигналів, Львів, Україна, <sup>2)</sup>Національний університет “Львівська політехніка”, Львів, Україна,  
<sup>3)</sup>Технологічно-природничий університет, інститут телекомунікацій, Бидгощ, Польща  
E-mail: [roman.yuzefovych@gmail.com](mailto:roman.yuzefovych@gmail.com)

Організація та підтримка сучасного високотехнологічного виробництва потребує забезпечення заданих вимог до надійності та безпеки експлуатації складних і дорогих інженерних споруд, а також розробки систем контролю, які б дозволили проводити повне обстеження технічного стану обладнання.

Нехтування та економія на визначенні технічного стану обладнання може мати фатальні наслідки та призвести до великих виробничих аварій та екологічних катастроф, збитки від яких можуть бути дуже великими. Тому провідні виробники у передових державах світу вкладають значні кошти у розробку і встановлення обладнання для аналізу технічного стану вартість якого складає в середньому 1–3% від вартості основного технологічного обладнання.

На сьогоднішній день відомо, що для контролю технічного стану обладнання ефективними є застосування методів неруйнівного контролю, оскільки вони гарантують відсутність будь-яких порушень функціонування обладнання в процесі та після завершення контролю, а також направлені на підвищення надійності та довговічності, забезпечення високої експлуатаційної надійності, зменшення затрат на технічне обслуговування та попередження аварійних ситуацій чи незапланованих простоїв [1].

У відділі методів і засобів відбору та обробки діагностичних сигналів Фізико-механічного інституту ім. Г. В. Карпенка НАН України розроблено ряд вібродіагностичних систем для відбору та обробки вібраційних сигналів з метою виявлення і попередження аварійних ситуацій на механізмах з обертовим або обертово-поступальним рухом. Розроблені системи забезпечують періодичний контроль обладнання, визначають в режимі реального часу середнє квадратичне значення віброприскорення та віброшвидкості, спектри та огибаючі сигналів, генерують відповідні звіти та архівують їх для подальшого аналізу з метою прийняття рішень по встановленню технічного стану обладнання.

*Ключові слова:* технічний стан, вібродіагностична система, вібраційний сигнал.

#### **Література**

- [1] І. М. Яворський, *Математичні моделі та аналіз стохастичних коливань*, Львів: ФМІ НАН України, 2013.

УДК 620

## **АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ДЕТЕКТОР ДЫМА**

*Богдан Г. А., Глущенко М. О.*

*Национальный технический университет Украины*

*«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», Киев, Украина*

*E-mail: [bogdangalya@gmail.com](mailto:bogdangalya@gmail.com)*

Развитие современной науки и техники, с одной стороны существенно упрощает жизнь человека, с другой – становится причиной различного рода аварий, катастроф, которые очень часто заканчиваются гибелью людей, разрушением материальных ценностей, возникновением серьезных нарушений экологии и т. д. Среди таких катастроф одной из самых опасных и часто возникающих является пожар.



Для своевременного обнаружения очагов задымления и возгорания, оповещения об эвакуации людей, а также автоматического включения системы пожаротушения, в настоящее время, используют системы пожарной сигнализации, которые состоят из технических средств выявления признаков пожара (датчики), технических средств сбора и обработки информации (приемно-контрольные приборы) и технических средств оповещения (световые и звуковые оповещатели). Одним из основных элементов любой такой системы являются датчики дыма, основная задача которых состоит в своевременном обнаружении очагов возгорания. Существующие технические решения определяют очаг возгорания по появлению частиц дыма в воздухе. Чем выше чувствительность датчиков к концентрации таких частиц, тем больше вероятность своевременного обнаружения очага возгорания и предотвращения пожаров.

Существует широкая номенклатура датчиков дыма с различными техническими характеристиками, в основу работы которых положены различные методы неразрушающего контроля, которые позволяют эффективно решать задачу своевременного распознавания частиц дыма в воздухе [1-4]. В тоже время существует ряд сдерживающих факторов для их более широкого применения:

- Ошибочное срабатывание системы при наличии в воздухе частиц водяного пара, пыли или табачного дыма от сигарет или других средств для курения.
- Сложность установления проводных систем детектирования дыма в помещениях, при проектировании которых это не было предусмотрено.
- Инерционность систем детектирования дыма
- Отсутствие возможности отслеживания состояния детекторов дыма в реальном времени.

Для решения поставленной задачи было разработано компактное надежное автоматизированное устройство для детектирования и оценки концентрации дыма в жилых и промышленных помещениях с возможностью синхронного оповещения пользователя и отправки сигнала на пульт пожарной охраны. Его главным преимуществом является способность анализировать состав воздуха в помещении на наличие различных типов частиц дыма, позволяет предупреждать ложные срабатывания устройства и определять материал горения для повышения эффективности ликвидации очага пожара (рис. 1).

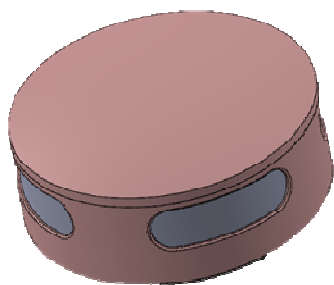


Рис. 1. Внешний вид датчика дыма

Данное устройство, спроектировано на основе технологии Dual Optical Detecto. Реализованная двухволновая концепция работы детектора дыма в сочетании с правильной конструкцией камеры датчика позволяет обеспечить надежное обнаружение областей возгорания на основе зависимости интенсивности рассеяния различных



длин волн света от размера частиц дыма. Питание датчика дыма автономное, что позволяет использовать его в помещениях, при проектировании которых не было предусмотрено проведение систем предупреждения пожаров.

Использование современной элементной базы и беспроводных технологий передачи данных позволяет существенно уменьшить инерционность системы и отслеживать его состояние в реальном времени. Данная система пригодна для использования, как в жилых помещениях, так и на промышленных предприятиях.

Анализ современного состояния рынка детекторов дыма показал ряд преимуществ нашего решения.

*Ключевые слова:* неразрушающий контроль, детектор дыма, оптические методы, Dual Optical Detecto, системы пожарной сигнализации.

#### **Литература**

- [1]. Р. М. Галаган, *Теоретичні основи ультразвукового неруйнівного контролю: підручник*, Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019.
- [2]. А. В. Муравьёв, "Пассивная термостабилизация оптической системы тепловизора и перспективы его применения в медицинской диагностике", на *10-й Междунар. научнотехн. конф. Приборостроение*, Минск, 2017, с. 385-387.
- [3]. М. А. Морозов, А. В. Муравьёв, "Современная лазерная дальнометрия", на *9-й Междунар. научно-техн. конф. молодых ученых и студентов Новые направления развития приборостроения*, Минск, 2016, с. 38.
- [4]. А. В. Муравьёв, "Пассивная атермализация оптической системы медицинского термографа", *Trends of modern science*, vol. 15, с. 88-91, 2018.

УДК 536.62

## **МЕТОД СКОРОЧЕННЯ ЧАСУ ПРОЦЕСУ ВИМІРЮВАННЯ І КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПАЛИВА**

*Сергієнко Р. В.*

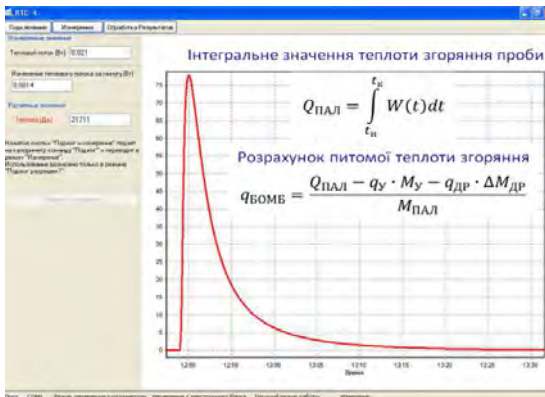
*Інститут технічної теплофізики НАН України, Київ, Україна*

*E-mail: [Serhiienko@nas.gov.ua](mailto:Serhiienko@nas.gov.ua)*

Для ефективного використання палива актуальним завданням є визначення його якості – теплоти згоряння (калорійності). В Інституті технічної теплофізики розроблено новий кондуктивний калориметр згоряння КТС-4, який реалізуючи квазідиференціальну схему вимірювань інтегральним способом, за своїми метрологічними та часовими показниками не поступається імпортованим аналогам.

Мета дослідження – підвищення точності і швидкодії визначення теплоти згоряння палива. Для досягнення мети поставлено завдання проведення порівняльного аналізу методів оброблення вимірювальної інформації для визначення калорійності палива та визначення раціональних параметрів вторинної регулюючої апаратури шляхом математичного моделювання та експериментальних досліджень.

Проведено моделювання системи при відмінності параметрів компенсаційної



комірки та імітатора на  $\pm 10\%$  від номінальних та досліджено величину похибки визначення енергії. Значення похибки залежить як від параметрів конструкції калориметричної системи, так і від амплітуди, періоду і фази коливань. За сталої амплітуди коливань найменші похибки спостерігаються у випадку, коли час інтегрування є кратним цілому числу періодів коливань, а найбільша похибка

спостерігаються, якщо час інтегрування складає чверть періоду коливань.

Впровадження розробленого методу з використанням автоматизованої системи вимірювання, контролю і управління калориметра значно скорочує трудомісткість проведення калориметричного дослідження і виключає суб'єктивні помилки, зменшуючи час процесу вимірювання. Розвинуто метод динамічного вимірювання імпульсного тепловиділення, що дало можливість зменшити час опрацювання результатів вимірювання теплотворної здатності палива. Загалом із вдосконаленням конструкції теплотиметричної чутливої оболонки швидкодія одержання результатів калориметричного експерименту зростає вдвічі, що в умовах стрімкого розвитку біоенергетики задовольняє вимогам до контролю якості палива.

*Ключові слова:* калориметрія, якість палива, теплота згорання, вимірювання теплового потоку.

UDK 535.317

## LENS THERMAL STABILIZATION FOR MEDICAL THERMOGRAPHY

*Muraviov O. V., Mamchur N. D.*

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

*E-mail: [stals98@ukr.net](mailto:stals98@ukr.net), [nm1515497@gmail.com](mailto:nm1515497@gmail.com)*

Heat images of the body surface allow to analyze deviation from the norm and pathological situation in the organism. In particular, medical thermography is used for cancer diagnosis, traumas, inflammatory processes [1, 2]. The informativeness of thermogram analysis is primarily based on contrast and quality of the image obtained, which in turn depend from ambient temperature during diagnosis. Separately, the infrared lenses of thermography system is significantly affected by the temperature, whose image characteristics can be significantly impaired by temperature change, which will result in a loss of resolution. On this basis, one of the important tasks in lenses design of infrared devices is preservation of their basic characteristics during temperature fluctuations inside the system.

Medical heat vision is a contactless, rapid and non-invasive means of diagnosis for many known diseases. The method allows to observe in dynamic and control the

effectiveness of treatment, healing of wounds at different stages of morphogenesis and also prevent the possible development of complications [3]. Thermograph using is a highly effective and informative means of patients screening for the detection of inflammatory processes in the early disease stages. To date, the criteria of thermal imaging diagnostics for more than two hundred diseases and pathological conditions are developed and this list is constantly being replenished.

At analyzing thermogram information and setting the diagnosis, there are certain rules and regularities. For example, registered temperature difference of 1-2°C on oppositely symmetrical body parts indicates presence of the organism pathology. In particular, at tumors the temperature change to greater side indicates malignant degeneration and to lesser side indicates benign nature of the tumor [4].

Temperature fluctuations of the environment during the infrared technique operation significantly affect to its characteristics, such as quality and informativeness of the thermogram, so at the design stage of such high-precision and sensitive devices it is expediently to carry out an athermalization of the optical system [5]. In the process of dioptric objectives synthesizing, which include several components, it is possible to select materials for the purpose of system self-athermalization, simultaneously to perform the achromatization of the optical system and to minimize those image aberrations, on which highest requirements are subjected. To perform above tasks, such as thermostabilization and characteristics improvement of the thermograph objectives, at calculating stage of the optical system parameters of the infrared device it is advisable to use passive optical athermalization method. The method algorithm involves the using at the lenses design several infrared materials with different magnitudes and signs of thermo-optical constants in combination with certain material of supporting structure [6].

Synthesized on base of passive optical athermalization infrared objectives with thermostabilized value of back focal length of the optical system maintain the stability of frequency and energy characteristics and keep high image quality in the operating temperatures range.

Medical thermal vision most successfully combines effective pathology search and absolute non-invasiveness for patient and medical staff. Diagnosis reliability is based on stability of thermal imaging symptoms, main parameter of which is the consistency and predictability of changes in relative temperatures. This allows successful using of thermography cameras as a method of objective control over the pathological processes in the body for various fields of medical practice [7].

Actual problem of modern medical thermography is change of system image quality under the influence of environmental factors. The most significant to the temperature effects are the characteristics of germanium lenses, which are the most widespread nowadays. Change of image quality under the action of temperature fields is due to high temperature dependence of optical and mechanical properties of the material.

Improvements of thermal imaging technology must be focus on image quality increasing of thermograms and developing algorithms for automatic diagnosis of

diseases and pathologies. Further scientific researches should be carried out in direction of determining the radiation spectra of different parts and tissues of human body in order to detect wavelengths of maximum and minimum of their spectral intensity. This will enable the implementation of multilayer thermographic diagnostics, which in turn will allow to obtain a clear infrared image of human organism areas that will be of direct interest to the doctor or researcher.

*Keywords:* athermalization, image quality, medical thermography camera, thermal stabilization, infrared lenses.

#### **References**

- [1]. А. В. Муравьёв, "Пассивная термостабилизация оптической системы тепловизора и перспективы его применения в медицинской диагностике", на *10-й Междунар. научно-техн. конф. Приборостроение*, Минск, 2017, с. 385-387.
- [2]. Г. Р. Иваницкий, "Современное матричное тепловидение в биомедицине", *Успехи физических наук*, т. 176, № 12, с. 1294-1320, 2006. doi: 10.3367/UFNr.0176.200612d.1293.
- [3]. А. В. Муравьёв, Е. А. Назарчук, "Термостабилизация качества изображения оптической системы термографа", *Вісник інженерної академії України*, № 4, с. 195-199, 2016.
- [4]. В. М. Тягур, О. К. Кучеренко, А. В. Муравьёв, "Пассивная оптическая атермализация инфракрасного трехлинзового ахромата", *Оптический журнал*, т. 81, № 4, с. 42-47, 2014.
- [5]. А. В. Муравьёв, "Пассивная атермализация оптической системы медицинского термографа", *TRENDS OF MODERN SCIENCE*, vol. 15, с. 88-91, 2018.
- [6]. H. Bohdan, V. Bazhenov, A. Protasov, "Development of a discrete orthogonal method for determining the phase shift between high-frequency radio impulse signals", *Microwaves, Radar and Remote Sensing Symposium (MRRS)*, pp. 191-194, 2017 IEEE.
- [7]. О. В. Муравйов, О. О. Назарчук, "Компенсація терморозфокусування оптичної системи тепловизора та перспективи його використання в медичній діагностиці", *Вісник інженерної академії України*, № 1, с. 124-131, 2017.

УДК 534.231.2

### **КОСМЕТОЛОГІЧНИЙ УЛЬТРАЗВУКОВИЙ АПЛІКАТОР З КЕРУВАННЯМ ПО РАДІОКАНАЛУ**

*Довженко О. П., Оникієнко Ю. О.*

*Національний технічний університет України*

*«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна*

*E-mail: [dovzhenkoa@ukr.net](mailto:dovzhenkoa@ukr.net), [razrabotka@ukr.net](mailto:razrabotka@ukr.net)*

Зазвичай косметологічні ультразвукові прилади складаються з базового блоку, що вміщує в собі всі необхідні електронні складові і ультразвукової головки (УГ), яка з'єднується з базовим блоком за допомогою гнучкого кабелю. Це не завжди зручно при роботі, а також з урахуванням паразитних параметрів кабелю накладає обмеження на діапазон робочих частот приладу і якість сигналу, що подається на УГ.

Авторами був розроблений і перевірений аплікатор з автономним живленням від вбудованого акумулятора. Управління робочими режимами аплікатора відбувається по радіоканалу за допомогою мобільного телефона,

який використовується також і в якості індикатора інформації про косметологічний сеанс.

Блок-схема розробленого аплікатора представлена на рисунку.

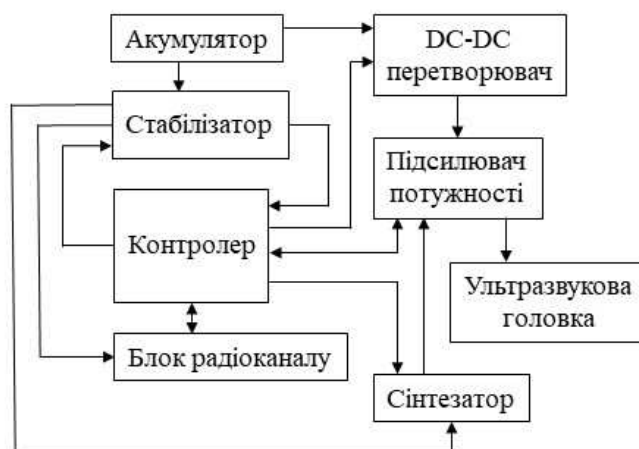


Рисунок. Блок схема аплікатора

Роботою аплікатора керує контролер, який обмінюється даними з блоком радіоканалу, в якості якого було використано стандартний Bluetooth-модуль HC-05. Контролер управляє синтезатором, що формує сигнал ультразвукової частоти, який подається на підсилювач потужності (ПП). Сигнал після ПП подається на ультразвукову головку (УГ). Окрім цього контролер вимірює струм споживання УГ, що дозволяє визначати контакт-неконтакт УГ зі шкірою пацієнта. Також контролер керує роботою ПП та DC-DC перетворювача, який формує необхідну напругу живлення ПП. Живлення контролера, синтезатора та блока радіоканалу здійснюється від стабілізатора з малим внутрішнім споживанням енергії.

Така побудова аплікатора дозволила мінімізувати довжину кабелю від підсилювача потужності до УГ, що дало можливість знизити затухання високочастотних сигналів, а також забезпечила електробезпечність та зручність у використанні.

*Ключові слова:* ультразвук, головка, аплікатор.

#### **Література**

- [1]. А. Н. Беловол, С. Г. Ткаченко, Е. Г. Татузян, *Физиотерапия в косметологии: учебное пособие по элективному курсу*, ХНМУ, Харьков, 2015.
- [2]. М. Ф. Терещенко, Г. С. Тимчик, М. В. Чухраєв, А. Ю. Кравченко, *Ультразвукові фізіотерапевтичні апарати та пристрої: монографія*, КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, 2018.

УДК 37.013.3

## OVERVIEW OF INTERACTIVE EDUCATION PLATFORMS WHILE DISTANCE-LEARNING ACTIVITIES

*Kriukova Y. S., Ameridze O. S.*

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

*E-mail: [ameridze@ukr.net](mailto:ameridze@ukr.net)*

Due to the epidemiological situation in the country, the teacher of higher education is faced with new urgent which create the technical prerequisites for the introduction and widespread use of distance learning in educational institutions, the combination of traditional and informative technologies. The requirements for higher education teachers are changing. They must not only have a theoretical basis, but also show non-standard, creative thinking, flexible imagination, ability to perceive and develop innovations, have skills in working with information technology, use technically advanced equipment, use new platforms for organization their work.

Nowadays, there are many platforms for professional distance learning [1, 2]. Here is an example of distance learning platforms.

The Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment) platform is one of the most popular systems in the world. It was created by Australian developer Martin Dugiamas and is used in more than 100 countries. The platform allows the teacher to create qualified distance learning courses, in addition, it can be adapted to the needs of a particular training project and supplemented with new services. The Moodle platform makes possible to use a wide range of tools for educational interaction between teachers and students. Moodle is designed with taking into account the achievements of modern pedagogy. The main emphasis is on interaction between students and the widespread use of discussion. In particular, it provides an opportunity to:

- present educational material in various formats (text, presentation, video, web page);
- test and interview students using multiple choice questions of correct answer and comparison;
- perform tasks by students with the ability to send relevant files [3].

Learning.ua platform - contains online tests, interactive tasks in academic subjects. Stepik Platform is a free educational platform for designing the open online courses and practical classes. The Learningapps platform allows the teacher to create different types of exercises on different topics or use ready-made ones.

The Padlet platform is designed to create tasks. The platform allows the teacher to write instructions, add links, photos, videos, files, pictures, voice messages.

The virtual interactive whiteboard can be used for "brainstorming" with students as a part of on-line lesson for generalization and systematization of knowledge, for reflection; for placing educational information and practical tasks; for organizing on-line task; for posting the project ideas and discuss them online.



Prezzi is a platform for creating educational presentations, where the teacher can choose a single background to present the explanation of a new material.

The LearningApps.org platform is an online service that allows the teacher to develop interactive exercises and provides distance learning to each student.

The Mentimeter platform can be used to create and conduct surveys. The teacher uploads a few questions to the site and then gives the students a link with an access code. This can be, for example, a test with several possible answers. The platform helps to track the dynamics of students' learning, as the results of each survey are stored.

Thus, the use of interactive platforms creates many opportunities for increasing students' interest in the learning process and contribution to the deepening of knowledge. Interactive distance learning platforms help to record the process of understanding, mastering and creative application of knowledge when writing practical tasks. Efficiency is ensured by the fact that students are more actively involved in the learning process of not only maintenance, but also because of the integrated tasks.

*Keywords:* interactive education, interactive platforms, distance learning.

**References:**

- [1] Концепція розвитку дистанційної освіти в Україні [Електронний ресурс]. Доступно: <http://www.osvita.org.ua/distance/pravo/00.html>.
- [2] Н. В. Морзе, *Інформаційні технології в навчанні: навч. посіб.*, Київ, Україна: Видавничка група ВНУ, 2004.
- [3] Moodle [Електронний ресурс]. Доступно: <https://moodle.org/>.

УДК 621:319:519.22

## ЗАСТОСУВАННЯ КОРЕЛЯЦІЙНОГО АНАЛІЗУ ВІБРАЦІЙНИХ СИГНАЛІВ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ТРИБОКОРОЗІЇ

<sup>1,2)</sup>Яворський І. М., <sup>1)</sup>Слепко Р. Т., <sup>1,3)</sup>Юзефович Р. М., <sup>1)</sup>Личак О. В.

<sup>1)</sup>Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, відділ методів і засобів відбору та обробки діагностичних сигналів, Львів, Україна, <sup>2)</sup>Технологічно-природничий університет, інститут телекомунікацій, Бидгощ, Польща, <sup>3)</sup>Національний університет “Львівська політехніка”, кафедра прикладної математики, Львів, Україна  
*E-mail: [roman.yuzefovych@gmail.com](mailto:roman.yuzefovych@gmail.com)*

Представлено результати експериментальних досліджень по встановленню зв'язків між параметрами трибокорозії та структурою вібрацій навантаження контртіла за фрикційної взаємодії. Фрикційна взаємодія різко активує корозійні процеси внаслідок наведення напружень у поверхневих шарах, трансформації і механічного видалення захисних пасивних плівок, що впливає на кореляційні параметри вібрацій навантаження контртіла [1–2]. Метою досліджень було обґрунтування методів обробки реалізацій вібраційних сигналів та вибір відповідної математичної моделі, що враховує важливі аспекти взаємодії між тертям і вібраціями – нелінійності та стохастичності, при цьому останній влас-

тивий нестационарний характер.

Трибокорозійні дослідження проводили в 3 % розчині  $NaCl$  на установці тертя за схемою кулька-площина. Зразки для досліджень зі сталі 08X18H10T розміром  $50 \times 40 \times 5$  мм, поліровані до шорсткості  $R_z = 2,5$  мкм. Контртіло – керамічна кулька ( $Al_2O_3$ ) діаметром 9 мм, прикладене нормальне навантаження  $P = 10$  Н, довжина доріжки тертя – 16 мм, швидкість переміщення індентора – 0,003 м/с. На основі періодично нестационарної моделі вібрацій було проаналізовано вплив фрикційної взаємодії сталі 08X18H10T на характеристики вібросигналів за прикладання зовнішньої катодної та анодної поляризації. Встановлено що, чутливими до змін структури поверхні та розвитку дефектів на поверхні унаслідок трибокорозії є імовірнісні характеристики першого й другого порядків періодично нестационарних випадкових процесів. Для діагностики стану контактуючих поверхонь ці характеристики можуть бути основою для формування нових діагностичних ознак, що дають можливість виявляти дефекти на ранніх стадіях розвитку.

*Ключові слова:* вібраційний сигнал, трибокорозія, дефект.

#### **Література**

- [1] В. А. Винар, В. І. Похмурський, І. М. Зінь, Х. Б. Василів, О. П. Хлопик, “Оцінювання за електродним потенціалом механізму трибокорозії сплаву Д16Т”, *Фіз.-хім. механіка матеріалів*, № 5, с. 123–128, 2017.
- [2] І. М. Яворський, *Математичні моделі та аналіз стохастичних коливань*. Львів, Україна: ФМІ НАН України, 2013.

UDK 535.317

## **PASSIVE OPTICAL ATHERMALIZATION TECHNIQUE FOR INFRARED DIOPTRIC LENSES**

*Muraviov O. V., Nyzhnyk Y. M.*

*National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine  
E-mail: [stals98@ukr.net](mailto:stals98@ukr.net), [yukaangel324@gmail.com](mailto:yukaangel324@gmail.com)*

The infrared (IR) equipment gets wide application in metrology, military enginery, scientific researches. IR devices are often used in difficult environmental conditions. A number of scientific publications are devoted to the design of thermally independent lenses. For example, in [1] methods of opto-mechanical passive athermalization of optical systems are considered. However, far too little attention has been paid to the passive optical athermalization algorithm. The analysis of such publications shows that the greatest attention is paid to opto-mechanical methods of athermalization, while passive optical athermalization is nowadays increasingly used due to a number of advantages: simplicity of construction, high accuracy and reliability, reduction of mass and dimensional characteristics. In particular, the significant advantage of optical methods is when the contribution of mechanical structural members to thermal defocusing can be minimized by applying materials

with negligible temperature coefficient of linear expansion for mechanical parts of optical devices. Currently, there are only general recommendations that can be used in design of athermalized lenses, while the question of mathematical algorithms for passive optical athermalization remains open.

At lenses design process for IR equipment, developers widely use three-component optical systems. These systems allow to get good image quality without using aspherical surfaces. At the same time, the task of maintaining image quality over a wide temperature range in most of these compositions remains unresolved. This paper material is devoted to development of mathematical apparatus that allows to design athermalized and achromatic IR triplets with possibility of minimization of necessary image aberrations for the case of uniform temperature distribution in optical system [2].

Operating requirements for such equipment often include provision of the working temperature range  $\pm 50$  °C, because the most significant environmental factor that influences to image quality of IR technique is the temperature field change [3]. This leads to the emergence of thermal defocusing in the optical system – change of the backfocal length size, and image thermal aberrations. As a result, there is a significant reduction of the resolution and deterioration of lenses main characteristics. Consequently thermal stabilization of lens image quality at the environmental temperature changes is an important and actual problem that needs to be solved at the design stage of IR device.

The question of thermal stabilization can be solved by applying active, semi-active and passive methods. Main advantages of passive optical athermalization are high reliability, absence of any moving parts and need of manual adjustment, minimization of weight and size properties and simplicity of design. Perspectives of this direction development are also caused by constant expansion of the optical materials list for IR spectral range [4].

The synthesis of an athermalized dioptric objective is based on optical materials combinations with different signs of the thermo-optical constant. During thermal stabilization it is possible to minimize image aberrations and to choose optimal material of the supporting structure for lenses at the same time. Proposed method allows to synthesize athermalized IR objectives, which include two or three lenses, using only two different optical materials [5].

Temperature fluctuations of the environment during the infrared technique operation significantly affect to its characteristics, such as quality and informativeness of the image, so at the design stage of high-precision and sensitive devices it is expediently to carry out an athermalization of the optical system. Athermalization and achromatization of IR triplets can be carried out by selection of optical materials compositions. During athermalization the main aberrations of IR dioptric lenses image are also minimized [6].

Synthesized in accordance with developed technique IR triplet with 50 mm focal length, 1:1 relative aperture, field of view angle  $12^\circ$  is characterized in the temperature range from  $-20^\circ\text{C}$  to  $+60^\circ\text{C}$  by  $4\ \mu\text{m}$  changing of back focal length, that

is 1-2 orders less than for non-athermalized lenses with similar operational parameters [7].

Further work in this direction should aim to improve design techniques of achromatic and athermalized infrared optical systems in order to get an algorithm that will allow to obtain a complete design parameters set for optical system without requirement of additional optimization; to minimize optical system aberrations; to design optical systems consisting of more than three components.

*Keywords:* passive optical athermalization, image quality thermostabilization, dioptric objective, optical system.

#### References

- [1]. S. E. Ivanov, G. E. Romanova, A. V. Bakholdin, "Using a two-lens afocal compensator for thermal defocus correction of catadioptric system," in *Proc. SPIE 10375, Current Developments in Lens Design and Optical Engineering XVIII*, San Diego, pp. 594-601, 2017.  
doi: 10.1117/12.2273629.
- [2]. О. К. Кучеренко, О. В. Муравйов, В. М. Тягур, "Ахроматизація та атермалізація об'єктивів інфра червоної техніки", *Наукові вісті НТУУ „КПІ”*, № 5, с. 114-117, 2012.
- [3]. О. О. Назарчук, О. В. Муравйов, "Компенсація терморозфокусування оптичної системи термографа", *Біомедична інженерія*, № 5, с. 66-67, 2017.
- [4]. В. М. Тягур, О. К. Кучеренко, А. В. Муравьев, "Пассивная оптическая атермализация инфракрасного трехлинзового ахромата", *Оптический журнал*, т. 81, № 4, с. 42-47, 2014.
- [5]. А. В. Муравьев, "Пассивная термостабилизация оптической системы тепловизора и перспективы его применения в медицинской диагностике", на *10-й Междунар. научно-техн. конф. Приборостроение*, Минск, 2017, с. 385-387.
- [6]. J. Tejada, "Passive athermalization: maintaining uniform temperature fluctuations", *Optical Design*, May, pp. 341-345, 2006.
- [7]. А. В. Муравьев, О. К. Кучеренко, "Композиции атермализованных трехкомпонентных инфракрасных объективов", *Наука и техника*, № 4, с. 32-37, 2015.

УДК 621.317.3

### ПІДВИЩЕННЯ ВІРОГІДНОСТІ ДІАГНОСТИКИ УТВОРЕННЯ МІКРОТРИЩИН У МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЯХ ЕНЕРГОКОМПЛЕКСУ УКРАЇНИ ПРИ РЕАЛІЗАЦІЇ БАГАТОПАРАМЕТРИЧНОГО КОНТРОЛЮ

*Габльовська Н. Я., Кононенко М. А.*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,*

*Івано-Франківськ, Україна*

*E-mail: [nadiia.hablovska@nung.edu.ua](mailto:nadiia.hablovska@nung.edu.ua), [kononenko19602406@ukr.net](mailto:kononenko19602406@ukr.net)*

Для підвищення надійності та точності контролю стану виробів доцільно здійснювати контроль за декількома інформативними параметрами, враховуючи природу їх виникнення та кореляційні зв'язки між ними. Це можна досягнути шляхом застосування багатопараметричного контролю виробу при різних навантаженнях та на різних стадіях експлуатації за допомогою декількох методів і засобів.

Для вирішення задачі контролю стану матеріалів широке застосування одер-

жали акустичні (ультразвукові) системи різного типу через їх надійність і високу інформативність. Серед актуальних напрямків розвитку акустичного методу слід відмітити таку загальну тенденцію підвищення точності (імовірності) виявлення мікродефектів, яка повинна бути пов'язана з глибоким вивченням змін просторово-часової структури акустичних полів і сигналів, викликаних гетерогенністю середовища. Для цього необхідно знайти спосіб підвищення чутливості до дефектів малих розмірів, забезпечити більш високу локальність вимірювань порівняно з традиційними методиками ультразвукового контролю, удосконалити методи обробки акустичної інформації. Використання сфокусованих пружних хвиль високої частоти дозволить візуалізувати мікродефекти в матеріалі на різних глибинах, в тому числі і в оптично непрозорих середовищах.

На основі встановлених температурно-часових залежностей виявленого теплового розподілу на протилежних поверхнях об'єкта досліджень залежно від глибини залягання джерела енергетичних змін стає можливим підійти до реалізації багатоканальної інформаційно-виміральної системи контролю переддефектного стану елементів металевих конструкцій.

Запропонований підхід реалізації багатоканальної інформаційно-виміральної системи контролю переддефектного стану елементів металевих конструкцій з, як мінімум, двома каналами: каналом контролю температурного розподілу і акустичним каналом з двома датчиками, розташованими так само на протилежних поверхнях зразка, уможливує контроль зони ймовірного розвитку тріщини та підвищує вірогідність діагностики технічного стану металевих конструкцій.

*Ключові слова:* багатопараметричний контроль, вірогідність, енергокомплекс.

#### **Література**

- [1] С. В. Прохоренко, С. П. Яцишин, Н. Я. Габльовська, М. А. Кононенко, “Поверхнева температурна діагностика зародження мікротріщин у напружено-деформованих металах”, *Вимірвальна техніка та метрологія: міжвідомчий науково-технічний збірник*, №3(80), с.34-38, 2019.
- [2] В. В. Божак, Н. Я. Габльовська, М. А. Кононенко, “Аналіз методів контролю напружено-деформованого стану металевих конструкцій”, на *7-й Всеукр. наук.-практ. конф. студентів і молодих учених Методи та засоби неруйнівного контролю промислового обладнання, Івано-Франківськ*, 2019, с. 23-25.
- [3] В. В. Божак, Н. Я. Габльовська, М. А. Кононенко, “Застосування комплексного підходу при контролі структури металевого виробу за результатом аналізу декількох інформативних параметрів”. *Прикладні науково-технічні дослідження: матеріали IV міжнар. наук.-практ. конф., 1–3 квіт. 2020 р., м. Івано-Франківськ/Академія технічних наук України. Івано-Франківськ: ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника»*, Т.1., с. 110-111, 2020.

УДК 620.179.16, 004.89

## ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ОБЕРНЕНИХ ЗАДАЧ УЛЬТРАЗВУКОВОГО НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ

*Галаган Р. М.*

*Національний технічний університет України*

*«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна*

*E-mail: [rgalagan@ukr.net](mailto:rgalagan@ukr.net)*

### **Вступ**

Зазвичай рішення про стан об'єкта (зокрема, наявність або відсутність дефектів) в ультразвуковому неруйнівному контролі приймається за результатами аналізу характеристик (таких як: амплітуда, фаза, частота тощо) імпульсу, отриманого після його взаємодії із неоднорідністю в об'єкті контролю (причому ці імпульси є спотвореними та неповними). Завдання подібного типу називаються «оберненими задачами».

Обернені задачі мають неприємні з математичної точки зору особливості [1]:

1. Такі задачі, як правило, є нелінійними.
2. Їх розв'язок зазвичай є не єдиним.
3. За своєю природою вони є некоректними.

Це накладає певні вимоги, як на організацію процесу проведення ультразвукового контролю, так і на методи обробки отриманої інформації.

Оскільки вхідною інформацією в обернених задачах є експериментальні дані, які визначаються з деякою похибкою, яку не завжди можна оцінити, то розв'язок оберненої задачі із «зіпсованими» або некоректними вхідними даними може сильно відрізнитися від точного рішення. У цій ситуації вкрай важливим є вибір правильних методів математичної обробки вхідної інформації.

Описані вище нюанси призводять до того, що обернені задачі в неруйнівному контролі часто залишаються невирішеними з математичної точки зору. Проте, можливо, намагання вирішити ці задачі за допомогою виведення деякої математичної залежності і не потрібні, оскільки результат можна отримати з використанням інших підходів.

### **Технології нейронних мереж у розв'язку обернених задач**

Якщо говорити про ультразвуковий неруйнівний контроль, то важливою оберненою задачею є визначення форми дефекту за характеристиками віддзеркаленого від нього ультразвукового імпульсу. Така задача поки що є не вирішеною, саме тому зазвичай в ультразвуковому неруйнівному контролі як уніфіковану одиницю вимірювання використовують еквівалентну площу дефекту (еквівалентний діаметр) і нічого не говорять про реальну форму. Еквівалентну площу дефекту вимірюють площею дна плоскодонного отвору, розташованого на тій же глибині, що і реальний дефект, який дає ту ж саму амплітуду сигналу, що і реальний дефект [2].

Обернені задачі, що пов'язані із визначенням форми дефекту (геометричні



обернені задачі) призводять до послідовного розв'язування систем інтегральних рівнянь 1-ого роду, або до вирішення деякого нелінійного диференціального рівняння.

Як зазначалось у вступі, вирішити математично таку задачу вкрай складно. Якщо говорити про отримання результату, то необхідно визначити форму дефекту на основі експериментальних вимірювань характеристик ультразвукових імпульсів, зв'язавши це математичними виразами. Однак сучасні технології дозволяють вирішити це завдання, застосовуючи дещо інший підхід – нейронні мережі (рис. 1), які є математичними моделями біологічної структури мозку та його функцій сприйняття, обробки, зберігання та продукування інформації. Нейронні мережі – це потужний метод моделювання, що дозволяє відтворювати надзвичайно складні залежності [3]. Особливістю нейронних мереж є те, що вони нелінійні за своєю природою, а це важливо для вирішення обернених задач в ультразвуковому неруйнівному контролі.

У традиційному підході (рис. 1, а) нам необхідно до результату вимірювання (нові дані) застосувати математичну формулу (ознаки форми дефекту), після чого отримати результат (висновки про форму дефекту). Підхід із використанням нейронних мереж потребує іншої послідовності дій (рис. 1, б): спочатку ми повинні мати результати вимірювання із відомими висновками про форму дефекту, які подаються на вхід нейронної мережі для її навчання. При цьому нейронна мережа автоматично синтезує високорівневі інформативні ознаки, які дозволяють класифікувати дефекти за формою. Тепер, якщо на вхід навченої моделі нейронної мережі подати нові результати вимірювання (нові дані), то вона повинна віднести їх до певного класу (форми дефекту).

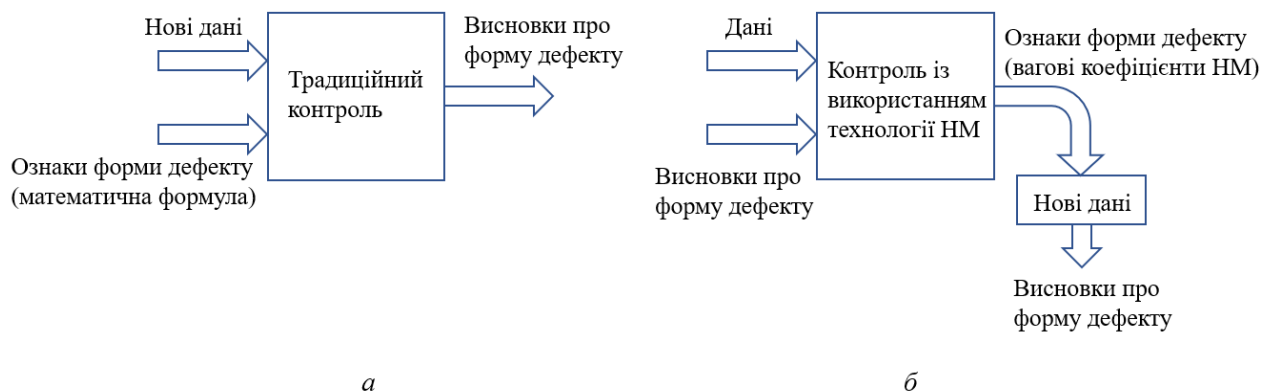


Рис. 1. Підходи до вирішення завдання визначення форми дефекту: а – традиційний підхід із використанням математичних залежностей, б – із використанням технологій нейронних мереж

Використання нейронних мереж дозволяє ефективно вирішувати обернені задачі ультразвукового неруйнівного контролю. Нейронна мережа не створить математичної формули, яка зв'яже характеристики сигналу та форми дефекту, проте вона дасть результат із деякою вірогідністю: набір таких-то

характеристик сигналу характерний для такої-то форми дефекту. А саме це і цікавить дефектоскопіста.

### **Висновки**

Розглянуто підхід до вирішення обернених задач ультразвукового неруйнівного контролю із використанням нейронних мереж, які досить якісно моделюють ієрархічні абстракції в реальних даних, що робить їх ефективними автоматичними розв’язувачами, у тому числі й обернених задач.

Для застосування в ультразвуковому неруйнівному контролі більш глибокого аналізу потребує питання вибору архітектури нейронної мережі, методів навчання та підготовка даних для навчання [4].

*Ключові слова:* нейронна мережа, ультразвуковий неруйнівний контроль, форма дефекту.

### **Література**

- [1]. В. О. Повгородній, «Неруйнівний контроль – сучасна галузь застосування зворотних задач», *Українська інженерно-педагогічна академія*, № 4, с.61-66, 2013.
- [2]. Р. М. Галаган, *Теоретичні основи ультразвукового неруйнівного контролю: підручник*. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019.
- [3]. А. В. Переєденко, Ю. В. Куц, В. С. Еременко, «Применение нейронных сетей при неразрушающем контроле композиционных материалов», *XXV Национална конференция с международно участие “Дефектоскопия’10” «Дни на безразрушительния контрол 2010»*, Софія, 2010, с. 469-475.
- [4]. А. Momot, R. Galagan, «Influence of architecture and training dataset parameters on the neural networks efficiency in thermal nondestructive testing», *Sciences of Europe*, vol. 1 (no 44), pp. 20–25, 2019.

УДК 620.179.14

## **РОЗВИТОК ТЕХНОЛОГІЙ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ.Ч2.**

*Петрик В. Ф., Протасов А. Г.*

*Національний технічний університет України*

*«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна*

*E-mail: [psnk@kpi.ua](mailto:psnk@kpi.ua)*

В даний час яскравим прикладом Інтернету Речей (IP) є моніторинг стану конструкцій (МСК) (Structural Health Monitoring), який став загальноприйнятим галузевим стандартом для розміщення датчиків для моніторингу працездатності деяких великих споруд з тим, щоб можна було завчасно вжити заходів, що попереджають форс-мажорні ситуації. Однак МСК рідко використовується в невеликих спорудах через високу вартість реалізації і багатьох інших факторів. Тому стає актуальним і невідкладним завдання знаходження компромісу, який би дозволив зробити таку систему популярною в невеликих об’єктах, і, отже, брати участь у повсякденному житті людей. Розвиток IP, бездротової сенсорної мережі і технології мобільного зв’язку забезпечує хорошу технічну платформу і засоби для вирішення вищевказаних проблем МСК.

Сучасні смартфони - це високо інтегровані пристрої, що володіють значною обчислювальною потужністю, великими ресурсами пам'яті і оснащені різними датчиками. Це робить їх привабливими для додатків в області моніторингу, де дані повинні записуватися, оброблятися, зберігатися, передаватися і візуалізуватися. У зв'язку з цим смартфони з датчиками і виконавчими механізмами можна широко використовувати в світі IP таких як віддалене медичне обслуговування, мобільна бібліотека, віддалена домашня автоматизація та моніторинг безпеки, управління самотійною реабілітацією і так далі.

Перспективи застосування бездротового зв'язку для технічної діагностики з відомими методами неруйнівного контролю (НК) розглянуто в [1-2]. У промисловості такий зв'язок знаходить безліч застосувань, наприклад, поточний контроль виробів в процесі їх виготовлення [3], система виявлення і визначення місця розташування пошкодження ізоляції силового трансформатора [4].

В роботі [5] представлена мобільна система обробки ультразвукових сигналів з використанням смартфона для віддаленого ультразвукового тестування і обробки зображень. Використовуючи такі напрацювання, в роботах [6-7] були проведені дослідження виконаних на базі смартфонів систем моніторингу технічного стану конструкцій. У роботах [8-9] наведені результати випробування систем, що використовують смартфони, які призначені для моніторингу переміщення, зміщення, нахилу будівельних конструкцій в динаміці. Під час стихійних лих смартфони можуть бути використані для моніторингу внутрішнього зміщення конструкцій під час землетрусу [10]. Особливий інтерес представляє робота з використанням смартфона в техніці агрегування і візуалізації для безперервного моніторингу транспортної інфраструктури з використанням краудсорсингу [11]. У медицині смартфон використовується в структурних системах діагностики захворювань [6].

Із застосуванням бездротових технологій в задачах НК можна ознайомитися за результатами досліджень, які викладені авторами в роботах [12, 13].

Таким чином, нові інформаційні технології, засновані на інтелектуальному сприйнятті, технології розпізнавання, всіяких обчисленнях, повсюдній мережевій інтеграції та відомі як третя хвиля розвитку інформаційної індустрії в світі після комп'ютера та інтернету - Інтернету Речей, уже повсюдно використовуються в НК і визначають нові напрямки його розвитку.

*Ключові слова:* неруйнівний контроль, Індустрія 4.0, Інтернет Речей.

#### **Література**

- [1].А. Крень, М. Делендик, В. Иванов, “Индустрия 4. 0: трансформации в неразрушающем контроле”, *Наука и инновации*, № 2 (192), с. 28–32, 2019.
- [2].J. Meier, I. Tsalicoglou, R. Mennicke, “The future of NDT with wireless sensors, A.I. and IoT”. *Proceedings 15th Asia Pacific Conference for Non-Destructive Testing*, Singapore, November 13-17, pp.1-11, 2017.
- [3].El Kouche A., Hassanein H. S., “Ultrasonic Non-Destructive Testing (NDT) Using Wireless

- Sensor Networks”, *Procedia Computer Science*, vol. 10, pp. 136 – 143, 2012.  
DOI: 10.1016/j.procs.2012.06.021
- [4]. X. He, G. Xie, Y. Jiang, “Online Partial Discharge Detection and Location System Using Wireless Sensor Network”, *Energy Procedia*, vol. 12, pp. 420 – 428, 2011.  
DOI: 10.1016/j.egypro.2011.10.056
- [5]. W. Yi, S. S. Gilliland, J. Saniie, “Mobile ultrasonic signal processing system using Android smartphone. Circuits and Systems (MWSCAS)”, in *IEEE 56th International Midwest Symposium*, 4-7 August, 2013, pp. 1271-1274. DOI: 10.1109/MWSCAS.2013.6674886.
- [6]. Y. Yu, R. Han, X. Zhao, X. Mao, W. Hu, D. Jiao, M. Li, J. Ou, “Initial validation of mobile-structural health monitoring method using smartphones”, *International Journal of Distributed Sensor Networks*, February, pp. 1-14, 2015. DOI: 10.1155/2015/274391
- [7]. Xie B., Li J., Zhao X. Research on Damage Detection of a 3D Steel Frame Model Using Smartphones. *Sensors*, Vol. 19, no. 3, pp. 745–762, 2019. DOI: 10.3390/s19030745
- [8]. Han R., Zhao X., Yu Y., Guan Q., Hu W., Li M., “A Cyber-Physical System for Girder Hoisting Monitoring Based on Smartphones Sensors”, *Sensors*, vol. 16, no. 7, pp. 1048–1064, 2016. DOI: 10.3390/s16071048.
- [9]. G. Morgenthal, H. Höpfner, “The application of smartphones to measuring transient structural displacements”, *Journal of Civil Structural Health Monitoring* 2(3-4), no 2, pp. 149–161, 2012. DOI: 10.1007/s13349-012-0025-0.
- [10]. J. Li, B. Xie, X. Zhao, “Measuring the interstory drift of buildings by a smartphone using a feature point matching algorithm”, *Structural Control and Health Monitoring*, January, pp.1-17, 2020. DOI: 10.1002/stc.2492
- [11]. F. Seraj, N. Meratnia, P. Havinga, “An aggregation and visualization technique for crowd-sourced continuous monitoring of transport infrastructures. Pervasive Computing and Communications Workshops (PerCom Workshops)”, *2017 IEEE International Conference on, USA, March*, pp.1-6., 2017. DOI: 10.1109/PERCOMW.2017.7917561.
- [12]. В. Петрик, А. Протасов, К. Серый, О. Повшенко, “Використання серійних мобільних пристроїв при проектуванні портативних дефектоскопів”, *Вчені записки ТНУ імені В. І. Вернадського. Серія: технічні науки*, том 30 (69), ч. 2, № 6, с.12-16, 2019.  
DOI: 10.32838/2663-5941/2019.6-2/03.
- [13]. V. F. Petryk, A. G. Protasov, R. M. Galagan, A. V. Muraviov, I. I. Lysenko, “Smartphone-Based Automated Non-Destructive Testing Devices”, *Devices and Methods of Measurements*, 11(4), pp. 272-278, 2020. doi:10.21122/2220-9506-2020-11-4-272-278.

UDC 004.89

## DEEP LEARNING MODELS FOR AUTOMATED OBJECT DETECTION IN INFRARED IMAGES

Momot A. S.

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine  
E-mail: [drewmomot@gmail.com](mailto:drewmomot@gmail.com)

Thermal imaging cameras have firmly taken their place among the means of computer vision. They perfectly solve tasks assigned to them and allow to create technically and cost-effective systems. Infrared cameras have come a long way from

very expensive devices to a wide-range product with high reliability and affordable price, and they continue to improve every year. Currently, the main areas of application of thermal imaging systems are wide: service and repair of printed circuit boards, household and energy sectors, nondestructive testing of composite materials, technical security equipment, medicine, hunting and military industry, driving.

The feasibility of using thermal imagers is determined by the peculiarities of technical means itself. In security systems, infrared cameras are surveillance devices that are more effective at recognizing objects than traditional video cameras. The recognition quality with a thermal imager does not depend on the time of day. This makes it possible to create systems for round-the-clock monitoring of the protected object. Systems designed for security control are applicable to protect the perimeter of airports, railways, borders, home, farm and other facilities. Analysis of the recorded information can be automated using artificial intelligence technologies [1].

Thermal imaging equipment now provides complete and accurate behavior analysis based on deep learning algorithms. This includes detection of events such as line crossing, intrusion, zone entry, zone exit etc. Intelligent human / vehicle detection can reduce false alarms caused by animals, vibration, falling leaves and other irrelevant events or objects, greatly increasing alarm accuracy [2].

An actual and important task is to determine the architecture of a deep network, which will allow object detection with greatest accuracy. Since modern infrared cameras do not have a high frame rate, calculation speed of deep learning model fades into background. However, for real-time monitoring, the data processing frequency should not be lower than 20-25 Hz. This fact must be taken into account when choosing a suitable model for object recognition. In addition, the task of object detection in infrared images is complicated by the low detail of thermal imprints of these objects, which is associated with physical features of the nature of infrared radiation. Therefore, a deep learning model must be broadly generalizable.

To assess the quality of object detection models, the mAP - mean Average Precision metric is used. This metric calculates the average precision for recall in the range of 0 to 1 for all object classes recognized by the model. For each single class, Average Precision is defined as the area under precision-recall curve. The higher the value of this metric, the less erroneous recognitions model produces on test data.

One of the first models successfully applied in object detection tasks in images was the R-CNN (Regions with CNNs) network [3]. Not the entire image was fed to the network input, but the regions previously selected using the Selective Search algorithm, which presumably contained some objects. A convolutional network used to classify objects depicted in the regions. Nowadays, Faster R-CNN architecture provides mAP value up to 35% at a data processing rate of about 15 frames per second on MS COCO dataset [4]. Such characteristics are a relatively poor indicator for use in thermographic systems. There is also a known modification Mask-RCNN, which allows not only to detect objects, but also to solve the task of image semantic segmentation.

YOLO (You Only Look Once) network architecture has a much higher performance [5]. Main feature: distinguishing objects in one data pass. There are no explicit loops in the YOLO architecture, which makes the network fast. YOLO uses a grid of predefined windows - regions in which objects are classified. On the MS COCO dataset, modern YOLO modifications show up to 44% mAP at a data processing rate of up to 70 frames per second [6]. Networks of this architecture are among the fastest in the task of detecting objects. In this regard, it is recommended to use YOLO models as part of real-time thermographic systems. Fig. 1 shows an example of the application of the YOLOv3 network for human and dog detection in infrared images provided by Flir company.

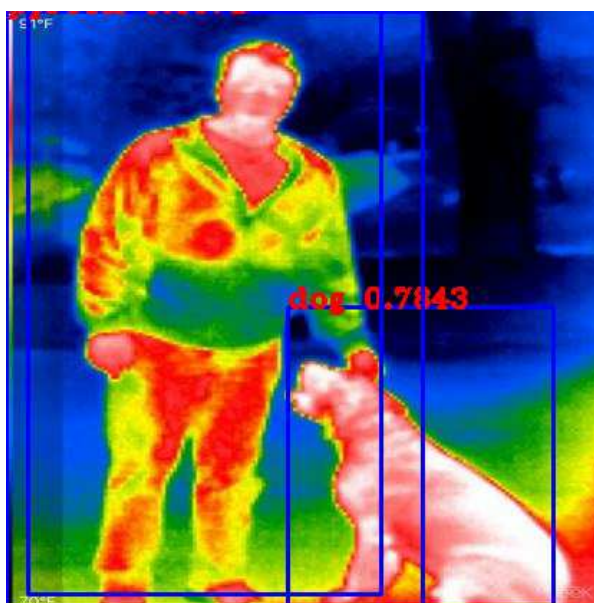


Fig. 1. Person and dog detection on infrared image using YOLOv3 model

EfficientNet is also promising class of new models that resulted from the study of scaling models and balancing the depth and width (number of channels) of network, as well as the resolution of images [7]. The authors of article propose a new compound scaling method that scales the depth / width / resolution evenly with fixed proportions between them. From an existing method called "Neural Architecture Search" for automatically generating new networks and their own scaling method, the authors derive a new class of models called EfficientNets [8]. The latest modification, called EfficientDet, consists of EfficientNet as a base, to which a feature pyramid layer called BiFPN is added, followed by a "standard" class / frame computation network. This network shows mAP up to 46% at a data processing rate of about 35 frames per second on the MS COCO set [6].

Given the rapid development of deep learning, these models are relevant only at the time of this writing. However, considered classes of deep network models have been leaders in the field of object detection for a long time. Therefore, these models are recommended for consideration as algorithms for infrared images processing. Since in most of considered areas of application of thermographic systems,



recognition accuracy is higher priority, rather than speed, EfficientDet models are of particular interest. It should be noted that comparison of the efficiency of these networks was carried out on a set of images of the visible light spectrum. Therefore, the main task for further research is to compare the mentioned architectures on a set of infrared images to obtain quantitative estimates of their work quality.

*Keywords:* deep learning, object detection, infrared images.

#### References

- [1]. R. M. Galagan and A. S. Momot, "The use of ART-2 neural network for processing information signals of non-destructive testing," in *Proceedings of the IEEE First Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON)*, Kiev, pp. 981-985, 2017.
- [2]. Z. Zhao, X. Fan, G. Xu, L. Zhang, Y. Qi and K. Zhang, "Aggregating Deep Convolutional Feature Maps for Insulator Detection in Infrared Images", *IEEE Access*, vol. 5, pp. 21831-21839, 2017.
- [3]. R. Girshick, J. Donahue and J. Malik, "Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation", *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, pp. 580-587, 2017.
- [4]. M. Derakhshani, S. Masoudnia, A. Shaker and O. Mersa, "Assisted excitation of activations: A learning technique to improve object detectors", *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 9201-9210, 2019.
- [5]. J. Du, "Understanding of Object Detection Based on CNN Family and YOLO", *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1004, pp. 012029, 2018. Available: 10.1088/1742-6596/1004/1/012029.
- [6]. A. Bochkovskiy, W. Chien-Yao and M. Hong-Yuan, "Yolov4: Optimal speed and accuracy of object detection", arXiv preprint arXiv:2004.10934, 2020.
- [7]. T. Mingxing and Q. Le, "Efficientnet: Rethinking model scaling for convolutional neural networks", *International Conference on Machine Learning*. PMLR, pp. 6105-6114, 2019.
- [8]. T. Mingxing, R. Pan and Q. Le, "Efficientdet: Scalable and efficient object detection", in *Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition*, pp. 10781-10790, 2020.

УДК 620.179.14

## РОБОТИЗОВАНА СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ СТРУКТУРИ МАТЕРІАЛУ МЕТОДОМ ВИЩИХ ГАРМОНІК

*Баженов В. Г., Калениченко Ю. О., Рацбарський С. С.  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна  
E-mail: [ygbazhenov@gmail.com](mailto:ygbazhenov@gmail.com)*

Контроль структури матеріалів є актуальною задачею, бо зміна їх структури, наприклад під дією втоми матеріалу, під дією високотемпературного або механічного впливу на деяких локальних ділянках може призвести до подальшої появи дефектів з ознаками руйнування виробу.

На кафедрі ПСНК «КПІ ім. Ігоря Сікорського» авторами було розроблено роботизовану цифрову систему автоматичного контролю структури матеріалів методом вищих гармонік. До складу системи входять: 1-цифровий

вимірювальний блок на базі сучасних програмованих логічних мікросхем ПЛІС (виконує реалізацію певних алгоритмів, запатентованим способом, на розробленій архітектурі) і 14 розрядних швидкодіючих АЦП і ЦАП; комплекта мікросенсорів; багатофункціонального робота-руки «Rotrics DexArm» з чотирма ступенями свободи, з повторюваністю 0.05 мм (див. Рис. 1.) та персонального комп'ютера.



Рис.1 Багатофункціональний робот-рука «Rotrics DexArm»

Розроблене, на кафедрі ПСНК, програмне забезпечення дозволяє виконувати синхронне дистанційне (за рахунок використання каналу «Ethernet») керування роботом та вимірювальним блоком. Крім того система виконує обробку, зберігання, візуалізацію отриманих даних у вигляді графіків або діаграм (див. Рис. 2).

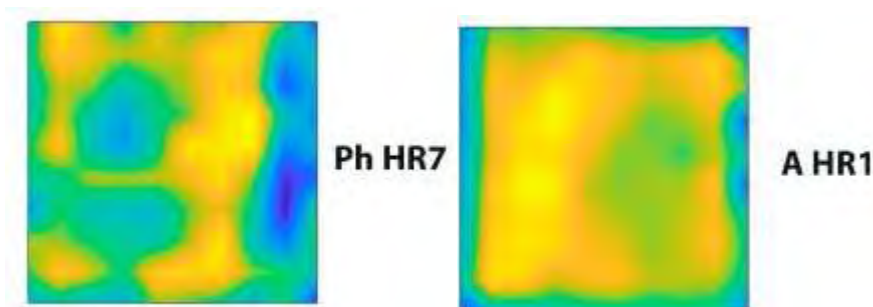


Рис. 2. Мапа градієнтів зміни початкової фази при напруженості поля збудження 450А/м. Представлені мапи градієнтів амплітуд і початкових фаз, які математично відтворені за результатами вимірювань сенсором з діаметром осердя 4 *mm* в 100 точках (10X10 точок) на зразку з кроком 15 *mm*

Як показали дослідження, що проводились на сталевому зразку, найбільш інформативним параметром є зміна початкової фази (зліва), а не амплітуди

(справа), крім того зміни параметрів фази 1-ї гармоніки, є також малоінформативним параметром.

Розроблена система дозволяє в локальних (критичних) зонах відтворювати контроль мікроструктури матеріалу з високою роздільною здатністю.

*Ключові слова:* роботизовано **система**, автоматична **система**, контроль, структури матеріалу, зміна початкової фази, висока роздільна здатність.

#### **Література**

- [1]. , V. Bazhenov, A. Protasov, K. Gloinik, “Increasing of operation speed of digital eddy current defectoscopes based on frequency synthesizer”, in *2017 IEEE Microwaves, Radar and Remote Sensing Symposium (MRRS)*, 2017. doi: 10.1109/mrrs.2017.8075051
- [2]. Y. Kalenyuchenko, V. Bazhenov, V. Koval, S. Ratsebarkiy, “Determination of mechanical properties of paramagnetic materials by multi-frequency method” in *Scientific proceedings NDT days 2019 XXXI International Conference «Defectoscopia 19»*, June 17-20. Sozopol, Bulgaria, 2019, pp.406-417.

УДК 620.179

## **АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ОПРАЦЮВАННЯ СИГНАЛІВ ВИХРОСТРУМОВОГО КОНТРОЛЮ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ**

*Куц Ю. В., Лисенко Ю. Ю.*

*Національний технічний університет України*

*«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна*

*E-mail: [j.lysenko@kpi.ua](mailto:j.lysenko@kpi.ua)*

Літальні апарати та їх окремі вузли і агрегати повинні забезпечувати високу міцність та надійність, зберігати механічні, фізичні, технологічні та експлуатаційні властивості впродовж всього терміну експлуатації. Різні елементи конструкцій літака працюють за різних типів механічних навантажень, в широкому діапазоні температур, за різного ступеня впливу агресивних середовищ. Це вимагає використання в авіаційних конструкціях різних за характеристиками матеріалів – сплавів (алюмінієвих, титанових, магнієвих, мідних), сталей (вуглецевих, легованих конструкційних, жароміцних), композиційних матеріалів (полімерних, металополімерних, металічних) і т.і. Авіаційні конструкційні матеріали мають значний розкид значень параметрів та характеристик, і вимагають для їх дослідження застосування різних фізичних видів і методів контролю [1, 2].

Результати контролю залежать не тільки від фізичного методу контролю, його апаратної реалізації, але й від алгоритму опрацювання сигналів, вибору сукупності найбільш інформаційних параметрів і характеристик сигналів.

Для ряду методів неруйнівного контролю (НК), що активно використовуються в контролі авіаційних матеріалів, зокрема вихрострумових, ультразвукових, акустичних, використовуються сигнали, які допускають їх представлення моделлю вузькосмугових процесів. Більшість відомих способів їх опрацювання орієнтована на визначення та аналіз амплітудних характеристик сигналів, натомість

інформаційний ресурс сигналів, який міститься в їх фазових характеристиках лишається не до кінця використаним [3 – 5].

В доповіді запропонована методологія опрацювання сигналів і визначення їх фазових характеристик в часовій області, яка ґрунтується на поєднанні можливостей дискретного перетворення Гільберта (ДПГ) сигналів та методів детермінованої та статистичної фазометрії. Вихрострумний НК з імпульсним збудженням в поєднанні з цифровою обробкою інформаційних сигналів на основі ДПГ може істотно доповнити відомі методи за рахунок можливості аналізу таких параметрів сигналів як частота власних коливань, пікове значення амплітуди, декремент сигналу і тимчасове положення характерних точок сигналу [6, 7].

Використання залежності амплітуди сигналів вихрострумного перетворювача (ВСП) від глибини тріщини розширяє функціональні можливості дефектоскопії за рахунок оцінювання глибини тріщин.

В доповіді приведені результати експериментального дослідження пластини з алюмінієвого сплаву АД31Т5 з дефектами типу тріщина: глибина залягання від 0.1 мм до 3 мм, розкриття до 1 мм. Сканування пластини здійснювалось з кроком 1 мм з використанням диференціального накладного ВСП [7, 8]. Математична модель інформаційного сигналу ВСП має вигляд:

$$u_{всп}(t, h) = U_m e^{-\alpha(h) \cdot t} \cdot \sin[2\pi \cdot f(h) \cdot t + \nu] + u_{ш}(t), \quad t \in (t_1, t_2),$$

де  $U_m$  – амплітудне значення сигналу ВСП,  $\alpha(h)$  – декремент сигналу,  $f(h)$  – частота власних коливань,  $t$  – поточний час,  $(t_1, t_2)$  – інтервал часу аналізу сигналу ВСП,  $u_{ш}(t)$  – шумова складова сигналу,  $\nu$  – початкова фаза,  $\nu = \arctg(\alpha / \omega_0)$ .

Автоматизоване опрацювання сигналів ВСП виконувалось за запропонованою методикою [9]. Для аналізу впливу характеристик об'єкта контролю на сигнал ВСП, в якості інформативних параметрів оцінювалась частота  $f(h)$  цих сигналів. За фазовою характеристикою сигналу визначалась середня частота сигналів ВСП [10].

Поєднання можливостей дискретного перетворення Гільберта сигналів і з методами детермінованих і статистичних фазових вимірювань дає змогу створювати програмно-апаратні засоби НК авіаційних конструкційних матеріалів, які дозволяють підвищити вірогідність виявлення дефектів.

*Ключові слова:* вихрострумний неруйнівний контроль, імпульсний режим збудження, час аналізу сигналу, частота, декремент, загасання сигналу.

#### Література

- [1] А. Я. Тетерко, та З. Т. Назарчук, *Селективна вихрострумова дефектоскопія*. Львів, Україна: НАН України, Фіз.-мех. ін-т ім. Г. В. Карпенка, 2004.
- [2] З. Т. Назарчук, *Механіка руйнування і міцність матеріалів. Т.5: Неруйнівний контроль і технічна діагностика*, Львів: Фізико-механічний ін-т ім. Г.В. Карпенка НАН України, 2001.
- [3] В. М. Учанін, *Накладні вихрострумові перетворювачі подвійного диференціювання*. Львів,

Україна: СПОЛІОМ, 2013.

- [4] A. Sophian, G. Y. Tian, D. Taylor and J. Rudlin, “Design of a pulsed eddy current sensor for detection of defects in aircraft lap-joints”, *Sensors and Actuators*, vol. 101, pp. 92–98, 2002.
- [5] J. S. Bendat and A. G. Piersol, *Random Data: Analysis and Measurement Procedures*, Wiley, Hoboken, NJ, 2010.
- [6] R. G. Lyons, *Understanding digital signal processing*, Upper Saddle River, A Prentice Hall PTR Publication, 2004.
- [7] Y. Kuts, A. Protasov, I. Lysenko, O. Dugin, O. Bliznuk and V. Uchanin, “Using multidifferential transducer for pulsed eddy current object inspection”, *IEEE First Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering*, Kyiv, May 29 – June 2, 2017, pp. 826-829.
- [8] I. Lysenko, Y. Kuts, A. Protasov, and A. Alexiev, “Optimization of Analysis Time of Pulsed Eddy Current Non-destructive Testing Signals”, *Int. Jour. “NDT Days”*, vol. 2, iss. 1, pp. 58-63, 2019.
- [9] N. Fisher, *Statistical analysis of circular data*, Cambridge: Cambridge University Press, UK. 2000.
- [10] I. Lysenko, V. Eremenko, Y. Kuts, A. Protasov, V. Uchanin, “Advanced Signal Processing Methods for Inspection of Aircraft Structural Materials”, *Transactions on Aerospace Research*, vol. 2 (259), pp. 27-35, 2020.