

КОНТРОЛЬ І ДІАГНОСТИКА ПРОЦЕСІВ ТА СИСТЕМ В ПРИЛАДОБУДУВАННІ

УДК 681.5.04: 519.876.5

INFORMATION MODEL OF VISUALIZATION SUBSYSTEM OF MULTI- CLASS DIAGNOSIS SYSTEM

Tsybulnyk S.

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

E-mail: tsybulnik.s.a@gmail.com

Background. *In our time, the improvement of multi-class diagnostic systems is a very topical task. In most cases, system upgrade is increasing of accuracy of the primary transducers. However, the widespread use of microprocessor technology, a powerful mathematical base, the development of methods and tools for diagnostic information processing, the rapid development of new promising methods (based on simulation) of objects and processes studying, new possibilities of multidimensional visualization of diagnostic information contribute to the improvement with the use of modern computer and information technologies. In this paper the main directions of improvement of systems of functional diagnostics of engineering and building structures are considered, namely: realization of new methods of visualization of measurements data, use of neural networks, the newest methods of power supply.*

Objective. *The purpose of the work is to construct an information model of the visualization subsystem of the measurement data to improve the system of multi-class diagnostics of complex spatial objects which are located in hard-to-reach places or difficult operating conditions.*

Results. *The information model of the visualization subsystem of measurement data contains two modules: a module of processing of signals of vibration and a module of simulation. This model assumes the presence of external (input) data, which are signals from three types of primary transducers: accelerometer, strain gauge and inclinometer. In addition to using sensors as a source of information (necessary for the functioning of the visualization subsystem) can also be used mathematical models of vibration, strain gauge and inclinometers channels, or files with vibration, strain gauge and inclinometric data which was obtained, for example, with other diagnostic systems or to visualize a single, most informative set of measured data.*

Conclusions. *The basic idea of the visualization subsystem is to display in a such way that the displayed information is in a form understandable to any person without specific diagnostic skills, for example, the red color corresponds to the critical state, and the green one to the excellent state of the object.*

Keywords: *information model, visualization subsystem, multi-class diagnosis system.*

Introduction

Improvement of the multi-class diagnostics systems (MCDS) to date is a very urgent task and in most cases it is possible due to increased accuracy of the primary transducers, but the widespread use of microprocessor technology, a powerful mathematical base and, as a consequence, the development of methods and tools for processing diagnostic information, the rapid development of new promising methods for researching objects and processes based on simulation [1], new possibilities of multidimensional visualization of diagnostic information contribute to the improvement of the MCDS with the help of modern computer and information technologies.

We can highlight the main areas of computer and information technologies applications in the MCDS [2 – 4]:

- information collecting and processing;

- equipment selection for theoretical and experimental research;
- providing depth, accuracy and quality of solved tasks;
- possibility of realization of previously unsolvable tasks;
- theoretical (mathematical calculations, forecasting, simulation of objects and processes, etc.) and experimental research;
- processing, evaluation, synthesis, design and presentation of results.

Data analysis (information collecting and processing) is an integral part of all applied researches. The most fundamental approaches to data analysis are [5]: visualization (histograms, dotted areas, surface areas, tree maps, etc.), statistics (hypothesis test, regression, etc.), data mining, and machine learning methods (clustering, classification, decision trees, etc.). Expansion of the MCDS functionality becomes possible by integrat-

ing into them new ways of the measurement data visualization, using, for example, the concept of motion capture systems.

A typical motion capture system is a set of sensors associated with a controlled object [6 – 9]. The complex of sensors, which are installed on the object of control (OC) and operate on the basis of various physical principles, allow to trace, for example, the movement of structural elements for the current stress-strain state evaluation by creating a computer animation. Information from the sensors comes to the computer and is processed by the corresponding software, thus reproducing, for example, the mathematical description of the movements of the OC, which is used to "revive" computer model of OC. For example, if there is engineering or construction facility (on which the sensor system is located) and its three-dimensional model, then the model will display the same changes that occur with the OC and are measured by the sensors.

In modern conditions, there is the possibility of implementing such models of various complexity of objects or processes or on the basis of computing clusters (several powerful computers combined through local and global networks into a single complex) or on the basis of supercomputers. These computing computer systems can exchange information through a local network or the Internet. Thus, the processes of computing and information processing can be carried out remotely from any place on the planet.

Realization of new ways of visualizing these measurements using modern information and computer technologies in the SBG, for example, simulation modeling [1, 10], is a promising direction of the development of monitoring and diagnostics of the technical condition of engineering objects that are in difficult operating conditions. Therefore, to improve the MCDS, it is important to find and implement methods for displaying measurement results using the capabilities of modern software.

Also, in recent years, more and more are considering the possibility of using the new technologies for the development of the MCDS or their component parts (blocks). Examples are the works [11 – 13], in which a MCDS based on the technology of neural networks is developed, mainly for the monitoring of landslide processes. However, these systems can be adapted to monitor the technical condition of construction and engineering objects or systems.

Another example of new and promising technologies for integrating into the DBMS is the wireless power transfer technology. The device based on this technology is a coil with a condenser. If you force this coil to resonate by connecting to it, for example, a generator, it will start to pulsate at high frequencies of an alternating current, creating a magnetic field [14]. If in this magnetic field put another coil with exactly the same resonance frequency, then they will begin to transfer energy between themselves. So, the device connected to the second coil will receive power.

Advantages of this method:

- the transfer of energy occurs only on a device that operates at the same frequency, this excludes the accidental occurrence of this process;
- no radiation and electric fields.

The main disadvantage of this technology, in our time, is the low efficiency of the devices built on its basis, when transmitting power at distances larger than 1-2 meters.

An alternative to the previous one is the single-wire power supply [15]. For the implementation of a single-wire device, a high-frequency electric current (for example, 20 kHz) should be applied to the oscillation circuit configured for this frequency and connected to the same receiver circuit with one wire. Losses on wire heating in the line are minimal due to the fact that in the resonance mode in the transmission line a high voltage with small currents is reached. This phenomenon allows the use of a thin (in comparison with used in the classical transmission line) wire of a small section.

The main advantages of a single-wire power supply are:

- small losses of electricity;
- most transmission lines can be made underground;
- short-circuiting is not possible in a single-wire cable.

Wireless and single-wire power transmission technologies still need to be improved for their direct integration into the MCDS.

Formulation of the problem

The development of the MCDS is mainly focused on the improvement of the primary transducers, as well as the research and implementation of new approaches to monitoring of the technical condition of the OC are quite limited. New approaches to monitoring of the technical condition of objects require a detailed analysis of the impact of dynamic perturbations on the OC, the development of special algorithms for evaluating and predicting the technical condition of objects, improving existing systems of multi-class diagnostics, to prevent the occurrence and development of defects in objects. This can only be done with the simultaneous substantiation, development and implementation of special protection means.

Consequently, the main object of the study is a system of multi-class diagnostics. The purpose of the work is to construct an information model of the measurement data visualization subsystem to improve the system of multi-class diagnostics of complex spatial objects located in hard-to-reach places or difficult operating conditions.

Information model

As previously mentioned, the expansion of the functionality of the MCDS becomes possible by integrating into them new ways of visualizing measurements. This will help the operator with any information analysis skills to conclude that there is multi-site damage of OC. This task can be solved by using the princi-

ples of motion capture systems in conjunction with the possibilities of simulation.

Modern software and hardware offer a wide range of possibilities for solving simulation problems. The main problem in constructing any visualization subsystem on the basis of simulation for multi-class diagnostic systems is the need to develop specialized software. In modern means of simulation this problem is solved by means of automation of code building on the basis of graphic systems (geometric models) and using methods of object-oriented programming [1]. This approach greatly facilitates the process of creating adequate simulation models for use in multi-class diagnostic systems and makes them more understandable for the operator. That is why the MCDS, built on the basis of simulation, can combine various algorithms of modeling (mathematical, geometric, etc.) and carry out operations directly with the informative properties of the OC model.

To reveal the features of functioning, to describe the essential parameters of the visualization subsystem,

as well as the links between them, it is necessary to create its information model. Information model [16, 17] – model of an object, presented in the form of information that describes the essential parameters for it and its variables, the relationships between them, the inputs and outputs of the object and allows to evaluate possible changes in the state of an object by submitting to the model information on changes in input values. In the broad, general scientific sense, the information model is a collection of information that characterizes the essential properties and the state of the object, process, phenomenon, as well as its interconnection with the outside world.

On the basis of the development and integrated use of methods and means of non-destructive control, the combination of specific mathematical models and methods for the operative identification of vibration, deformation and strength processes in the conditions of direct measurements, an automated MCDS was developed [1, 18] (Fig. 1).

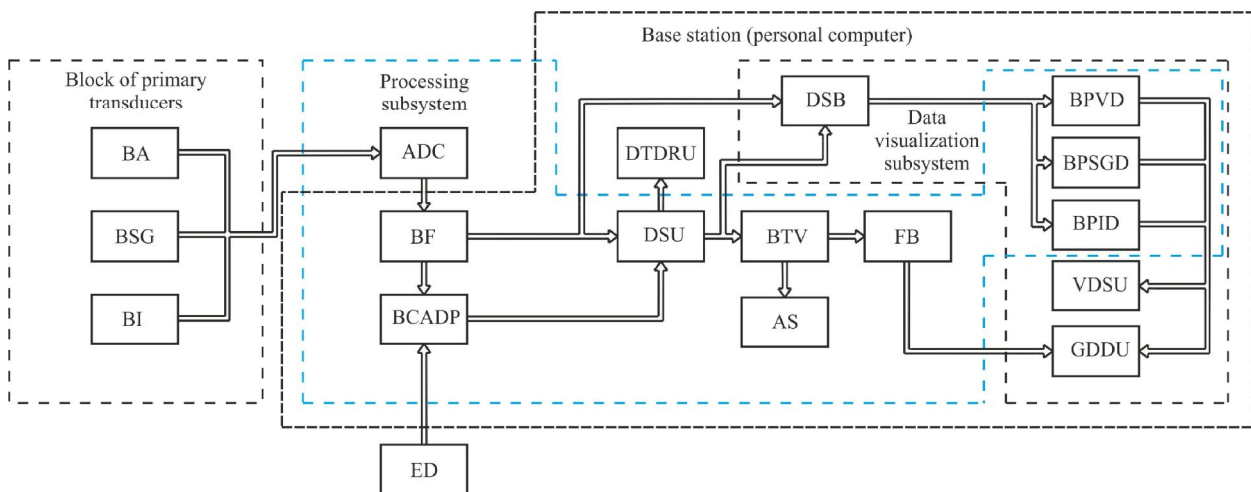


Fig. 1. The block diagram of an automated MCDS:

BA, BSG, BI – blocks of accelerometers, strain gauges and inclinometers, respectively; ADC – analog-to-digital converter; BF – block of filters; BCADP – block of calculation and analysis of diagnostic parameters; ED – external data; DSU – data storage unit; DTDRU – data transfer device to a remote user; BTV – block of threshold values; AS – alarm system; FB – forecast block; DSB – data selection block; BPVD, BPSGD, BPID – blocks of processing of vibration, strain gauge and inclinometric data, respectively; VDSU – visualization data storage unit; GDDU – graphical data display unit

As can be seen from this block diagram, the functions of the visualization subsystem are partly related to the data processing subsystem, since visualization should occur not after, but in the process of processing, that is, in real time. However, it is impossible to exclude from consideration the need for visualization of previously recorded data in order to provide a more thorough analysis. Taking these features into account, an information model of the measurement data visualization subsystem (Fig. 2) of the multi-class diagnostics system for complex spatial objects located in hard-to-reach places or difficult operating conditions was developed.

This model assumes the presence of external (input) data, which, in accordance with the developed

block diagram of the MCDS (Fig. 1), is a signal from three types of primary converters: accelerometer (VC), strain gauge (SGC) and inclinometer (IC).

In addition to the use of sensors as a source of necessary, for the functioning of the visualization subsystem, information, mathematical models of vibration, strain gauge and inclinometers channels (VCM, SGCM, ICM, respectively) or vibration (VD), strain gauge (SGD) and inclinometric (ID) data (obtained, for example, with other diagnostic systems on this OC) can also be used. They can also be used to visualize a single most informative set of measured data.

Input data processing is divided into two separate modules. The vibration signal processing module in-

cludes the spectral (SA) and frequency-time (FTA) analysis of the input vibration signals. SA can be represented, in addition to classical methods (Fourier transform), as parametric and nonparametric methods. FTA involves displaying the results of the processing of vibration signals using spectrographs and wavelets.

The simulation module is designed to convert the input strain gauge and inclinometric data by specialized software (SS) into the corresponding visual changes of the OC model (OCM). As a SS can be used developed directly for the selected OC software, as well as universal software of finite element modeling (for example, ANSYS, Abaqus). OCM is created using CAD systems that make it flexible in terms of change. To ensure the completeness of the analysis, the OCM can be supplemented or simplified by using structural element models contained in the element base (EB).

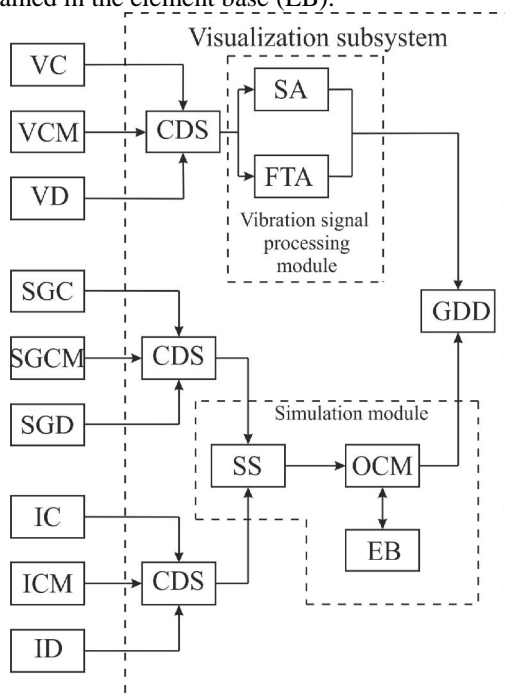


Fig. 2. Information model of the visualization subsystem: VC – vibration channel; VCM – vibration channel model; VD – vibration data; SGC – strain gauge channel; SGCM – strain gauge channel model; SGD – strain gauge data; IC – inclinometric channel; ICM – inclinometric channel model; ID – inclinometric data; CDS – choice of data source; SA – spectral analysis; FTA – frequency-time analysis; SS – specialized software; OCM – object of control model; EB – element base; GDD – graphical display device

Graphical display device (GDD) is intended for visualization of results of transformations of input data in an intuitive for the operator way. The GDD should be designed in such a way that the displayed information is in a form understandable to any person without specific information analysis skills, for example, red – critical OC state, green – excellent OC state.

Conclusions

Improvement of the multi-class diagnostics systems is a very topical task and in most cases it is carried out due to the improvement of the accuracy of the primary transducers. Therefore, in this paper the main directions of improvement of functional diagnostics systems of engineering and construction structures are considered and proposed to improve the multi-class diagnostics system through the use of the newest visualization capabilities.

The information model of the measurement data visualization subsystem is developed. It contains two modules: vibration signals processing module and the simulation module. This model assumes the presence of external (input) data, which are signals from three types of primary converters: accelerometer, strain gauge and inclinometer. In addition to the use of sensors as a source of necessary, for the functioning of the visualization subsystem, information, mathematical models of vibration, strain gauge and inclinometers channels or vibration, strain gauge and inclinometric data (obtained, for example, with other diagnostic systems on this OC) can also be used. They can also be used to visualize a single most informative set of measured data. The basic idea of the visualization subsystem is to display data in such a way that the displayed information is in a manner that is understandable to any person without specific diagnostic skills, for example, the red color is critical state, and the green is the perfect state of the object.

In the future, it is planned to use an information model to create the data visualization subsystem of the multi-class diagnostics system.

References

1. Цибульник С. О. Вдосконалення засобів функціональної діагностики та захисту резервуарів на основі імітаційного моделювання: автореф. дис. канд. техн. наук., приладобудівний фак., НТУУ «КПІ». Київ, 2016.
2. Пугачев В. М., Газенаур Е. Г. Роль информационных технологий в науке и образовании // Вестник КемГУ. 2009. №9. С. 31 – 34.
3. Семакин И. Г., Хеннер Е. К. Информационные системы и модели. Элективный курс. Учебное пособие. Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005.
4. Втюрин В. А. Компьютерные технологии в области автоматизации и управления. Учебное пособие. Санкт-Петербург: СПбГЭТУ, 2011.
5. Візуалізація інформації. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Візуалізація_інформації. Дата звернення: Лют. 9, 2018.
6. Духанов А. В., Медведева О. Н. Имитационное моделирование сложных систем: курс лекций. Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2010.
7. R. Tobon, *The MoCap Book – a Practical Guide to the Art of Motion Capture*, Orlando FL, USA: Foris Force, 2010.

8. A. Menache, *Understanding Motion Capture for Computer Animation*, San Francisco, USA: ELSEVIER SCIENCE & TECHNOLOGY, 2011.
9. M. Delbridge, *Motion Capture in Performance: An Introduction*, Basingstoke, England: Palgrave Mac-Millan, 2015.
10. Simulation. URL: <http://www.dictionary.com/browse/simulation>. Дата звернення: Лют. 9, 2018.
11. C. Michoud, S. Bazin, L. H. Blikra, M. H. Derron, M. Jaboyedoff, "Experiences from site-specific landslide early warning systems", *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, №13, pp. 2659-2673, 2013. DOI: <https://doi.org/10.5194/nhess-13-2659-2013>.
12. Q. Li, S. Wang, X. Huang, "Evaluation Model of Landslide Lake Risk Disposal Based on CFNN", *Journal of Applied Sciences*, Vol. 13 (10), pp. 1746-1752, 2013. DOI: <https://doi.org/10.3923/jas.2013.1746.1752>.
13. G. Qiao, P. Lu, M. Scaioni, S. Xu and others, "Landslide Investigation with Remote Sensing and Sensor Network: From Susceptibility Mapping and Scaled-down Simulation towards in situ Sensor Network Design", *Remote Sensing*, Vol. 5 (9), pp. 4319-4346, 2013. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs5094319>.
14. Беспроводная передача энергии на 5 метров. URL: <http://habrahabr.ru/post/219857>. Дата звернення: Лют. 9, 2018.
15. Е. Балабас, "Тонны электропроводов на свалку, или История создания технологии резонансной передачи энергии". URL: <http://www.computerra.ru/60133/tonnyi-elektroprovodov-na-svalku-ili-istoriya-sozdaniya-tehnologii-rezonansnoy-peredachi-energii>. Дата звернення: Лют. 9, 2018.
16. Информационная модель. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Информационная_модель. Дата звернення: Лют. 9, 2018.
17. Conceptual Information Model. URL: http://sparxsystems.com/enterprise_architect_user_guide/13.0/guidebooks/ea_conceptual_information_mode1.html. Дата звернення: Лют. 9, 2018.
18. N. Bouraou, S. Tsybulnik, D. Shevchuk, "The investigation of model of the vibration measuring channel of the complex monitoring system of vertical steel tanks", *EEJET*, Vol. 5, №9 (77), pp. 45-52, 2015. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.50980>.

УДК 681.5.04: 519.876.5

С. О. Цибульник

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПОДСИСТЕМЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ СИСТЕМЫ БАГАТОКЛАСОВОЙ ДИАГНОСТИКИ

Удосконалення систем багатокласової діагностики на сьогоднішній день є дуже актуальною задачею. У більшості випадків воно відбувається завдяки підвищенню точності первинних перетворювачів, проте широке використання мікропроцесорної техніки, потужна математична база, розвиток методів і засобів обробки діагностичної інформації, стрімкий розвиток нових перспективних методів дослідження об'єктів та процесів на основі імітаційного моделювання, нові можливості багатовимірної візуалізації діагностичної інформації сприяють удосконаленню за допомогою можливостей сучасних комп'ютерних та інформаційних технологій. У даній роботі розглянуто основні напрямки вдосконалення систем функціональної діагностики інженерних та будівельних споруд, а саме: реалізація нових способів візуалізації даних вимірювань, використання нейронних мереж, новітні методи передачі живлення. Мета роботи полягає у побудові інформаційної моделі підсистеми візуалізації даних вимірювань для вдосконалення системи багатокласової діагностики складних просторових об'єктів, які знаходяться у важкодоступних місцях або складних умовах експлуатації. Розроблено інформаційну модель підсистеми візуалізації даних вимірювань, яка містить два модулі: модуль обробки сигналів вібрації і модуль імітаційного моделювання. Дана модель передбачає наявність зовнішніх (вхідних) даних, які є сигналами з трьох типів первинних перетворювачів: акселерометра, тензорезистора та інклінометра. Окрім використання датчиків, як джерела інформації, необхідної для функціонування підсистеми візуалізації, можуть також використовуватися математичні моделі каналів вібрації, тензометрії та інклінометрії або файли з вібраційними, тензометричними та інклінометричними даними, отриманими, наприклад, за допомогою інших діагностичних систем або для візуалізації окремого найбільш інформативного набору вимірюваних даних.

Ключові слова: інформаційна модель, підсистема візуалізації, система багатокласової діагностики.

С. А. Цибульник

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», Киев, Украина

ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПОДСИСТЕМЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ СИСТЕМЫ МНОГОКЛАССОВОЙ ДИАГНОСТИКИ

Совершенствование систем многоклассовой диагностики на сегодняшний день является очень актуальной задачей. В большинстве случаев оно происходит благодаря повышению точности первичных преобразователей, однако широкое использование микропроцессорной техники, мощная математическая база, развитие методов и средств обработки диагностической информации, стремительное развитие новых перспективных методов исследования объектов и процессов на основе имитационного моделирования, новые возможности многомерной визуализации диагностической информации способствуют совершенствованию с помощью возможностей современных компьютерных и информационных технологий. В данной работе рассмотрены основные направления совершенствования систем функциональной диагностики инженерных и строительных сооружений, а именно: реализация новых способов визуализации данных измерений, использование нейронных сетей, новейшие методы передачи питания. Цель работы заключается в построении информационной модели подсистемы визуализации данных измерений для совершенствования системы многоклассовой диагностики сложных пространственных объектов, которые находятся в труднодоступных местах или сложных условиях эксплуатации. Разработана информационная модель подсистемы визуализации данных измерений, которая содержит два модуля: модуль обработки сигналов вибрации и модуль имитационного моделирования. Данная модель предполагает наличие внешних (входящих) данных, которые являются сигналами из трех типов первичных преобразователей: акселерометра, тензорезистора и инклинометра. Кроме использования датчиков, как источники информации, необходимой для функционирования подсистемы визуализации, могут также использоваться математические модели каналов вибрации, тензометрии и инклинометрии или файлы с вибрационными, тензометрическими и инклинометрическими данными, полученными, например, с помощью других диагностических систем или для визуализации отдельного наиболее информативного набора измеренных данных.

Ключевые слова: информационная модель, подсистема визуализации, система багатокласової діагностики.

*Надійшла до редакції
03 квітня 2018 року*

*Рецензовано
12 квітня 2018 року*

УДК 620.179

КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА ДЛЯ СКАНУВАННЯ ТА РЕКОНСТРУКЦІЇ ТЕПЛОВИХ ПОЛІВ ОБ'ЄКТІВ КОНТРОЛЮ

Матущак І. Р., Протасов А. Г.

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", Київ, Україна

E-mail: ilya7844@ukr.net

В статті першим кроком наведені приклади важливості вимірювання температури в неруйнівному контролі та виконана постановка проблеми шляхом переліку невирішених питань реконструкції теплових полів. Також, виконаний аналіз закордонних і вітчизняних досліджень і публікацій: розглянуті різноманітні маніпулятори-сканери, оригінальні розробки тепловізорів та скануючих пірометрів.

Після постановки задачі запропонована комп'ютерна система, що виконує сканування теплового поля об'єкта контролю з наступною обробкою інформації для його згладжування і реконструкції. Розроблена конструкція пристрою забезпечує повторюваність вимірювань, автоматизацію, простоту конструкції та низьку вартість, крім того пристрій убезпечений від суб'єктивного впливу людини оператора. Електронна частина забезпечує керування пристроєм, збір, передачу інформації на персональний комп'ютер, її обробку, збереження та відображення. Система працює у двох режимах. У режимі сканування відбувається послідовне вимірювання температури в точках поверхні об'єкту із заданим кроком сканування та подальшим згладжуванням отриманого результату. Другий режим дозволяє виконати вимірювання температури у декількох точках на поверхні об'єкту з наступною реконструкцією повної картини поля шляхом використання методів інтерполяції.

Експериментальна реалізація та дослідження підтвердили можливість використання запропонованої комп'ютерної системи для отримання теплових полів об'єкта контролю. На завершення наведені перспективи та сказано про подальше використання розробленої системи.

Ключові слова: *пристрій для сканування, реконструкція теплового поля.*