

СЕКЦІЯ 11

МЕТРОЛОГІЯ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 621.822

ДОСЛІДЖЕННЯ ДЖЕРЕЛ ВИНИКНЕННЯ ПОХИБОК В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ТОЧНІСТЮ ОБРОБЛЕННЯ

Денисюк В. Ю., Огородник М. О.

Луцький національний технічний університет, Луцьк, Україна

E-mail: v.denysiuk@lntu.edu.ua

Вступ

Для підвищення ефективності виробництва і поліпшення якості продукції важлива роль належить автоматизованим технологічним системам, що дозволяють поряд з отриманням об'єктивних даних про якість та точність оброблюваних деталей забезпечити підвищення продуктивності праці на контрольних операціях.

Точність обробки деталей за розміром і формою забезпечує верстат, а прилади активного контролю, енкодери та інші вимірювальні прилади та пристрої, встановлені на верстаті або поряд з ним – це допоміжні засоби, які дозволяють організувати оптимальний процес обробки, повну автоматизацію із зворотним зв'язком за розміром.

Суть дослідження

Вимірювальні засоби повинні мати високу точність, щонайменше 0,2–0,1 поля допуску оброблюваної деталі [1]. Похибки автоматизованої технологічної системи можна умовно розділити на три групи:

- похибки приладу;
- похибки, обумовлені системою верстат-пристрій-інструмент-деталь (ВПД), режимами та умовами обробки;
- похибки мір, еталонів та засобів вимірювань, за допомогою яких налаштовують прилад та систему ВПД на розмір.

На забезпечення параметрів точності розмірів деталі впливає група факторів (рис. 1).

Точність приладу характеризується межею допустимої похибки Δ_n протягом встановленого часу роботи приладу на верстаті або обробки партії деталей. У автоматичних командних приладів похибка Δ_n є похибкою остаточної видачі команди. Однак визначити безпосередньо похибку Δ_n дуже важко. Тому при нормуванні та визначенні показників точності приладів вимушено роблять два припущення. По перше, замість похибки Δ_n нормують її складові, які можна встановити експериментально, і, по-друге, ці складові визначають за умов, наближених до умов роботи приладу на верстаті.



Рис. 1. Групування факторів впливу на параметри точності деталі

Основними складовими похибками Δ_n є похибка спрацьовування (видачі) остаточної команди δ_{cn} , похибка налаштування остаточної команди на заданий розмір δ_n та похибка від зміщення рівня налаштування остаточної команди δ_{zn} протягом встановленого інтервалу часу. Крім того, залежно від умов роботи приладу та його конструкції, додатково виникають складові похибки, що викликаються різними причинами, наприклад, інерційністю приладу та змінною швидкістю зміни контрольованого розміру (вхідного сигналу), коливаннями температури змащувально-охолоджуючої рідини (ЗОР), що потрапляє на вимірювальний пристрій, нестабільністю установки контактних наконечників на контрольовані деталі та іншими причинами.

Таким чином, межа допустимої похибки приладу:

$$\Delta_n = \delta_{zn} + \sum \delta_c + \sqrt{\psi_{cn}^2 + \psi_n^2 + \sum \psi^2}, \quad (1)$$

де $\sum \delta_c$ – сума систематичних складових похибки, що виникають додатково;

$\sum \psi^2$ – сума квадратів випадкових складових похибки, що виникають додатково.

Основні складові похибки приладу ψ_{cn} , ψ_n та δ_{zn} нормовані, а додаткові вказують у технічних умовах на прилад. Зазвичай вказують три основні похибки:

- похибка спрацьовування остаточної команди ψ_{cn} , яка, залежно від конструкції та призначення приладу, становить $\psi_{cn} = 0,1 - 0,5$ мкм;
- похибка налаштування ψ_n , становить $\psi_n = 0,5 - 1,0$ мкм;
- похибка від зміщення налаштування δ_{zn} за 1500 умовних спрацьовувань, становить $\delta_{zn} = 0,8 - 1,5$ мкм.

Похибка спрацьовування ψ_{cn} , характеризуючи нестабільність отримання остаточної команди приладу, є випадковою величиною і визначається межею

допустимої похибки.

Похибка налаштування ψ_n приладу характеризує точність, з якою він може бути налаштований на заданий рівень (розмір) за допомогою власних настроювальних елементів (вимірювального оснащення та електронного блоку). По суті ψ_n є систематичною похибкою і проявляється як систематична при обробці партії деталей без налаштування приладу, наприклад, при його випробуваннях.

Похибка від зміщення рівня налаштування δ_{zn} виникає через зміни рівня налаштування команди приладу під час його тривалої безперервної роботи. Ці зміни визначаються багатьма випадковими внутрішніми та зовнішніми факторами та найбільш повно характеризуються випадковим процесом зміщення налаштування.

Динамічні похибки приладу викликаються його інерційністю, змінною швидкістю зміни контрольованого розміру та неправильною формою контрольованої поверхні (наприклад, некруглістю циліндричної деталі). При автоматичному контролі вимірюється розмір, що безперервно змінюється, і внаслідок інерційності приладу його вихідний сигнал відстає від вхідного, а моменти видачі керуючих команд відстають від моментів досягнення розміром деталі заданого значення. В результаті деталей трохи перешліфовується. За постійної швидкості зміни контрольованого розміру виникає систематична динамічна похибка. Значно більший вплив має випадкова складова динамічної похибки, що викликається в основному змінною швидкістю зміни розміру (знімання припуску) та непостійністю часу t_0 . Її величина залежить від коливань швидкості зміни контрольованого розміру в момент наближення до закінчення обробки та видачі остаточної команди [2].

Похибка δ_n виникає через нестабільність положення контактних наконечників на контрольованій поверхні. Ці похибки можуть мати систематичну та випадкову складові. Систематична складова пов'язана з початковим неправильним положенням вимірювального оснащення відносно деталі, а випадкова – з нестабільністю його підведення. Систематична складова компенсується при налаштуванні приладу.

Температурна похибка δ_m суттєво впливає на точність приладу і виникає від коливання температури навколишнього повітря, охолоджувальної рідини, що потрапляє на вимірювальне оснащення, від обдування його потоком повітря, що йде від шліфувального круга та від нагрівання контактних наконечників при терті їх по поверхні контрольованої деталі.

Зношування вимірювальних наконечників викликає систематичну похибку δ_3 . Її величина залежить від використовуваного матеріалу для наконечників, величини вимірювального зусилля, швидкості переміщення контрольованої поверхні та часу контакту наконечників з поверхнею.

Зазначені складові похибок не однаково впливають на загальну похибку приладу Δ_n . Домінуючий вплив на неї має систематична похибка від зміщення налаштування δ_{zn} , систематична δ_m і випадкова ψ_m температурні похибки та

випадкова динамічна похибка ψ_0 . Кожна з цих складових може мати значення понад 1 мкм. Інші складові, як правило, мають долемікронні значення.

Ключові слова: вимірювання, похибка, точність, оброблення, система.

Література

- [1] В. Ю. Денисюк, В. П. Симонюк, Ю. С. Лапченко, Б. І. Ново сад, “Метрологічне забезпечення точності приладів активного контролю в процесі обробки”, *Перспективні технології та прилади*: зб. статей, Вип. 16, с. 38-47, 2020.
- [2] В. Ю. Денисюк, “Динамічні похибки в системах активного контролю та їх визначення в умовах експлуатації”, на *Міжнар. наук.-практ. конф. Інформаційно-вимірвальні технології IBT-2022*, Львів, 2022. с. 53–55.

УДК 004.896.4

ВИЗНАЧЕННЯ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА НЕВИЗНАЧЕНІСТЬ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРВАЛЬНИХ СИСТЕМ

Хілько А. Ю., Чернецький Є. В., Чорна О. С.

ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет», Дніпро, Україна

E-mail: ale.susanin@gmail.com, baksik_evgen@ukr.net, chornaya_l@udhtu.edu.ua

Вступ

Метою даної роботи є визначення факторів, які впливають на невизначеність результатів вимірювання у інформаційно-вимірвальних системах (ІВС), а також для освоєння засобів вимірювання, які можуть стати зразком при проведенні повірки засобів вимірювань.

Чинниками, що впливають на вимірвальні системи є:

- обладнання: вимірвальний прилад, калібрування, пристрої тощо;
- людський фактор: оператори, навченість, освіта, уміння, уважність;
- процеси: метод випробувань, специфікації;
- зразки: матеріалів, виробів, що підлягають випробуванням, плану відбору, підготовки проб тощо;
- навколишнє середовище: температура, вологість, рівень провітрюваності приміщення;
- управління: навчальні програми, системи метрології, підтримка людей, підтримка системи управління якістю і т.д.

Суть дослідження

Жоден технічний пристрій не може розглядатися як вимірвальний прилад, якщо йому встановленим порядком не передано інформацію про розмір одиниці. Передача цієї інформації від національного зразка завжди супроводжується втратою точності.

Однак, крім цього, точність вимірювань залежить від багатьох інших факторів, пов'язаних з вимірвальним процесом. Такими факторами є: об'єкт

вимірювання; суб'єкт виміру (оператор); метод (спосіб) виміру; засіб вимірів; умови вимірювань.

Об'єкт вимірювання має бути достатньо вивчений і сформована його модель, ступінь деталізації якої (глибина вивчення об'єкта вимірювання) має бути адекватною меті вимірювання.

Необхідно відзначити і недосконалість самої вимірювальної процедури – неточність установки приладу та зняття показань, кінцевий час виконання вимірювання, протягом якого відбувається зміна зовнішніх умов та низки факторів, що впливають, залежність якості вимірювання від кваліфікації оператора та багато іншого. Це також впливає на потенційну точність вимірів.

Крім того, неможливо створити вимірювальний прилад, метрологічні характеристики якого абсолютно точно відповідали б проектним, а визначення їх експериментальним шляхом має обмежену точність.

Необхідно також пам'ятати, що в процесі вимірювання об'єкт та засіб вимірювань вступають у взаємодію. У процесі цієї взаємодії засіб вимірів впливає на об'єкт, що виявляється у зміні вимірюваної величини. Наприклад, підключення амперметра або вольтметра для вимірювань характеристик електричних сигналів змінює параметри контрольованого електричного ланцюга і, відповідно, вносить похибку в результат вимірювань.

Внаслідок цього результат виміру виявляється спотвореним порівняно з тим, яким він повинен був бути, якби засіб вимірів не впливав на об'єкт. Хоч би як враховувалася ця обставина (а в багатьох випадках ним просто нехтують), вона знижує точність результату виміру.

Таким чином, недосконалість засобів вимірювань, деяка невизначеність їх реальних метрологічних характеристик та взаємодія засобів вимірювання з об'єктом вимірювання додають свій внесок в обмеження точності результатів вимірювань.

Умови проведення вимірювань впливають на решту елементів вимірювального процесу – на об'єкт вимірювань, спосіб і засоби вимірювань, самого оператора. Наприклад, температура навколишнього середовища може змінити геометричні розміри деталі, що вимірюється, або щільність контрольованої рідини, тобто змінити саму вимірювану величину. З іншого боку, зміна температури доквілля змінює характеристики засобів вимірювань (впливає на інструментальну складову похибки вимірювань) і впливає на фізіологічні властивості оператора, тобто на суб'єктивну похибку вимірів.

Всі перераховані вище фактори, що впливають на точність вимірювань, враховуються при розробці та атестації методик виконання вимірювань.

Сучасний рівень розвитку мікропроцесорної електроніки дозволяє створювати інтелектуальні засоби, які в змозі компенсувати перелічені раніше фактори. Таким чином актуальною є задача створення алгоритмів для компенсації факторів, що впливають на точність вимірювання.

Математична модель з оптимізованими параметрами вимірювального каналу (ВК) інформаційно-вимірювальної системи

$$\left\{ \begin{array}{l} U(t) = [K_c + K_T K_o K_y \sum_{i=1}^n a_i [K_n (\beta(T_{HC} - 20))^3 + a e^{k_w W_{HC}}]] K_y \times \\ \quad \times K_T K_o K_y \sum_{i=1}^n b_i [U_{TP}(t) + K_n (\beta(T_{HC} - 20))^3 + a e^{k_w W_{HC}}] \\ \text{при } T_{HC} \rightarrow 50^\circ\text{C та } W_{HC} \rightarrow 100\% \quad K_T \rightarrow 0,02 \text{ та } K_o \rightarrow 0,03; \\ \text{при } T_{HC} \rightarrow -10^\circ\text{C та } W_{HC} \rightarrow 99\% \quad K_T \rightarrow 0,01 \text{ та } K_o \rightarrow 0,01; \\ \text{при } T_{HC} \rightarrow 20^\circ\text{C та } W_{HC} \rightarrow 50\% \quad K_T \rightarrow 0,97 \text{ та } K_o \rightarrow 0,99. \end{array} \right.$$

Адекватність математичної моделі ВК підтверджена результатами проведених експериментальних та імітаційних досліджень ІВС з використанням програмного середовища MatLab.

Висновки. Розроблено математичну модель та оптимізовано параметри вимірювального каналу інформаційно-вимірювальної системи, в якій визначено значення коефіцієнтів втрат точності та оперативності за різних умов експлуатації аналізованої ІВС, що дозволяє визначити вихідний параметр вимірювального каналу $U(t)$ з оптимальною похибкою 0,1 % та параметр ІВС – T з допустимою похибкою 3–5 % та оперативністю при контролі температурних режимів радіоелектронних засобів.

Математичну модель вимірювального каналу рекомендується використовувати при створенні структур ВК інформаційно-вимірювальних систем, що дозволить забезпечити необхідну точність та оперативність при визначенні параметрів ВК при функціонуванні ІВС.

Ключові слова: вимірювальний канал, математична модель, оптимізація параметрів, вихідний параметр, похибка, структура ВК, функціонування ІВС.

УДК 681.2.088

THE APPLICATION OF GENETIC ALGORITHMS FOR SOLVING METROLOGICAL TASKS

Morozova M. M.

*National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine
E-mail: mariia5178@gmail.com*

In metrology, it is important to achieve high measurement accuracy, which is achieved through the application of high-precision instruments and measurement methods. However, even high-precision measuring equipment may have measurement disturbances that can be caused by other factors, such as obsolescence, contamination, mechanical damage, etc. Therefore, to ensure the reliability and accuracy of measurement, it is necessary to timely identify and eliminate problems that may appear at the stages of measurement, diagnostics, and control of both measuring equipment and measuring transducers, sensors and detectors.

In modern metrology, genetic algorithms are used to perform a variety of tasks, such as improving measurement accuracy, optimizing calibration, finding optimal measurement strategies, diagnosing faults, etc. One of the main advantages of genetic algorithms is their ability to work with complex multidimensional parameter spaces and find optimal solutions. This is especially important in metrology, where it is often necessary to solve problems with many unknown parameters and constraints on their values.

Genetic algorithms (GAs) are part of the Evolutionary Algorithms class and are based on representing solutions in the format of chromosomes that are subject to crossing, mutation and selection [1]. GAs can be used in metrology to solve such problems as:

- Optimization of the parameters of measuring systems and processes, for example, maximization of accuracy, sensitivity, stability.
- Modeling of measuring systems and processes, e.g., building mathematical models based on experimental data, identifying sources of errors.
- Synthesis of measurement systems and processes, for example, generation of optimal structures and algorithms for measurements.
- Search for optimal calibration parameters for measuring instruments, which can help to achieve maximum measurement accuracy.
- Diagnostics of malfunctions of measuring instruments, systems, as well as sensors and detectors (for example, it is described in [2]).

To use GA in the diagnostics of malfunctions of measuring instruments, systems, and sensors, it is necessary to first build a mathematical model of the system under research. This model should include information about the system parameters and its behavior under normal and faulty conditions.

Next, the parameters of the system estimation criteria that can be used to evaluate the accuracy and reliability of the measuring instruments are required. These criteria may include measurement error rates, system sensitivity to external influences, reaction speed, and other parameters. After that, it is possible to start the optimization process with the use of GA. During the optimization procedures, the GA will search for the optimal set of parameters that ensure the most accuracy and reliability of measurements, as well as allow to localize faults in the system.

For example, let's consider the use of genetic algorithms to diagnose system and sensor malfunctions, which provides a number of advantages:

1. *Efficiency*: GAs can quickly and efficiently search for the optimal set of parameters that provide the most accurate measurements and are able to detect and localize faults in the system.

2. *Automation*: The diagnostic process using GA can be totally automated, which reduces the number of human errors and shortens the time for diagnostics.

3. *Flexibility*: GA can be easily adopted to different types of systems and sensors. Algorithms can simultaneously work with several parameters, allowing to detect malfunctions that take more time with traditional diagnostic methods.

4. *Reliability*: GA can detect faults and problems in the system at an early stage, which allows for timely repair decisions and reduces the possibility of serious trouble.

5. *Cost-effectiveness*: The use of GA can help decrease the cost of diagnostics and maintenance of systems and measuring instruments.

Another example of using GA to solve metrological problems is the selection of the optimal configuration of measuring equipment to achieve maximum measurement accuracy. For example, you can use GA to determine the optimal location of sensors in a measuring systems, which can reduce the influence of noise and improve the accuracy.

Python is a high-level programming language that is very popular in the world of scientists, engineers and developers. There are many different libraries and applications in Python, that build implementations of GAs and other evolutionary algorithms. Some of the most popular libraries and applications are PyGAD, DEAP, PyEvolve, pySTEP, Pyvolution.

Keywords: genetic algorithm, accuracy, measurement, metrology, optimization, diagnostics.

References

- [1] Morozova M., “Possible combinations of genetic algorithms and neural networks,” XVIII International Young Scientists' Conference on Applied Physics, May 2018, pp.135 – 136, Kyiv, Ukraine.
- [2] Lianghao Hua, Jianfeng Zhang, Dejie Li, Xiaobo Xi, Mohd Asif Shah, “Sensor Fault Diagnosis and Fault Tolerant Control of Quadrotor UAV Based on Genetic Algorithm”, Journal of Sensors, vol. 2022, Article ID 8626722, 8 pages, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/8626722>

УДК 544.77.022.537

РОЗПОДІЛ ПОР ПОРИСТОГО ПОЛІМЕРНОГО МАТЕРІАЛУ ЗА РОЗМІРАМИ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ДИСПЕРСНОГО СКЛАДУ ПОРОУТВОРЮВАЧА У ПРОГРАМІ IMAGEJ

Калюжний О. Б., Захаров А. В.

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна

E-mail: albokal@ukr.net, zakharovandrey1997@gmail.com

Розвиток сучасної техніки вимагає розробки нових матеріалів, у тому числі пористих полімерних матеріалів зі специфічним комплексом корисних властивостей, зокрема стійких до агресивного середовища [1]. Провідною тенденцією в галузі полімерного матеріалознавства є розробка та вивчення пористих матеріалів на основі політетрафторетилену (ПТФЕ).

Найважливішою експлуатаційною характеристикою пористих матеріалів є їх проникність, яка залежить від розподілу порових каналів за розмірами. Для визначення розміру пір та їх розподілу за розмірами застосовують гідравлічні (або швидкісні) [2], капілярні методи, а також дослідження мікрофотографій із використанням сучасних комп'ютерних програм (ImageJ, GOM Correlate, Geomagic ControlX, WebPlotDigitizer, JMatPRO та QFORM).

Основою пористого полімерного матеріалу був комерційний порошкоподібний ПТФЕ марки Ф-4ПН (розмір часток 80-120 мкм, густина $2,19 \cdot 10^3$ кг/м³), як пороутворювач використовувався хлорид натрію NaCl (розмір частинок 120-350 мкм, густина $2,17 \cdot 10^3$ кг/м³) (рис. 1, а).

Високопористі матеріали (рис. 1, б) виготовлялися шляхом попередньої підготовки суміші диспергованих пороутворювача та порошку полімеру з подальшим таблетуванням, термообробкою та вилуговуванням пороутворювача [3].

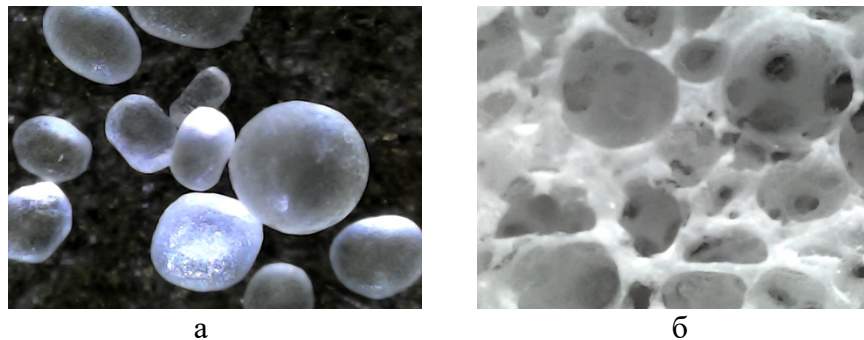


Рис. 1. Частинки пороутворювача (а) та порова структура матеріалу (б) x500

З рис. 1. видно, що форма та розмір пор пористого матеріалу відповідають формі та розміру частинок пороутворювача, тому в програмі ImageJ було вивчено форму та дисперсний склад пороутворювача, який характеризує порову структуру матеріалу.

Ключові слова: пористий ПТФЕ, ImageJ, дисперсність частинок.

Література

- [1] J. Wu, F. Xu, S. Li, P. Ma, X. Zhang, Q. Liu, R. Fu, D. Wu, “Porous Polymers as Multifunctional Material Platforms toward Task-Specific Applications”, *Adv. Mater.*, vol. 31, is. 4, 1802922-1802967, 2019. DOI: 10.1002/adma.201802922
- [2] [ASTM F316-03 \(2019\)](#), Standard test methods for pore size characteristics of membrane filters by bubble point and mean flow pore test.
- [3] A. B. Kalyuzhny, T. L. Karpova, B. G. Kalyuzhny, V. Ya. Platkov, “Structure and functional properties of high-porosity material based on Fluoroplast- 4”, *Functional Materials*, vol. 6, no. 2, pp. 25-30, 1999.

УДК 621.6; 681.1; 681.2

ДО КОНСТРУКЦІЙ БЕЗОПОРНИХ ЛІЧИЛЬНИКІВ

Симонюк В. П.,

Луцький національний технічний університет, Луцьк, Україна

E-mail: volodimir_simonyuk@ukr.net

Недоліком багатьох конструкцій лічильників є наявність пар тертя і кочення та складність конструкцій, яка в першу чергу пов'язана із наявністю опор, що у свою чергу суттєво впливає на точність обліку та надійність. Цей недолік притаманний, в основному, лічильникам потокових речовин, таких як газу, рідини, сипучі матеріали.

Для прикладу, лічильники із механізмами, що розділені перегородками із немагнітного матеріалу. При цьому, один із розділених механізмів знаходиться безпосередньо в потоковій речовині, а інший призначений для передачі частоти обертання на обліковий пристрій. Обертання від одного механізму до іншого відбувається за рахунок магнітної муфти. Самі ж механізми обертаються на опорах тертя кочення та ковзання.

Також і ротаційний лічильник газу, який містить корпус із робочою камерою, вхідним і вихідним отворами та двома роторами, зв'язаними між собою зубчастими колесами, при цьому він додатково споряджений магнітною системою, яка містить магнітопроводи, компаратор, електронний ключ та формувач зарядного струму. Недоліками такого типу лічильника є наявність механічних осей з обертальними елементами, а відповідно і пар тертя, що впливає на точність роботи лічильного механізму, складність конструкції.

Найбільш цікавим за технічною суттю є безопорний турбінний перетворювач, який є технічним еквівалентом лічильника і який містить обертовий елемент у вигляді двох турбінок та двох дисків з конічною боковою поверхнею, закріплених на вісі, перпендикулярній до потоку рідини. При появі потоку, виникає різниця тисків на вході і виході з перетворювача, вісь із дисками підіймається і потік, розділяючись на дві вітки, обертає обидві турбінки із швидкістю, пропорційною об'ємній витраті. Магнітний перетворювач споряджений також головками, закріпленими на верхньому диску, і при обертанні останнього, головки створюють імпульси струму, частота яких пропорційна частоті обертання турбінок.

Суттєвими недоліками даного безопорного турбінного перетворювача є: тертя турбінок і дисків у вісь; неможливість обліку малих витрат внаслідок того, що необхідно створити певний тиск для підймання вісі з дисками; необхідність встановлювати такі перетворювачі горизонтально, тому що при вертикальному розміщенні, що відповідає горизонтальному положенню вісі турбінок, лінійний діапазон вимірювання зменшується.

Описані та проаналізовані вище конструкції є загально відомі та описані в багатьох технічних джерелах, довідниках, винаходах та електронних ресурсах.

Проаналізувавши та виявивши певні недоліки різних конструкцій лічильників, було поставлено завдання запропонувати конструкцію безопорного лічильника для отримання нового технічного результату, що полягає у спрощенні конструкції та забезпеченні надійності роботи незалежно від кута розміщення лічильника шляхом внесення конструктивних змін.

Поставлене завдання вирішується наступним чином.

У безопорному лічильнику (рис. 1), що містить збірний корпус 1, який виконаний з коміркою із розташованим у комірці обертовим елементом 2, причому, на бічних стінках комірки і обертового елемента однаково по периметру розміщені постійні магніти 3 і 5, а по внутрішньому торцю комірки та зовнішньому торцю обертового елемента також розміщені постійні магніти 4 і 6. Пари постійних магнітів змонтовані опозитно, при цьому в кожній парі магнітів полюси розміщені із можливістю одночасного відштовхування один від одного або притягування.

Уникнення пар тертя забезпечує нова конструкція, а саме: можливість центрування обертового елемента, що виконаний у вигляді турбінки, за рахунок взаємного притягування або відштовхування магнітів, розташованих відповідно на турбінці та комірці.

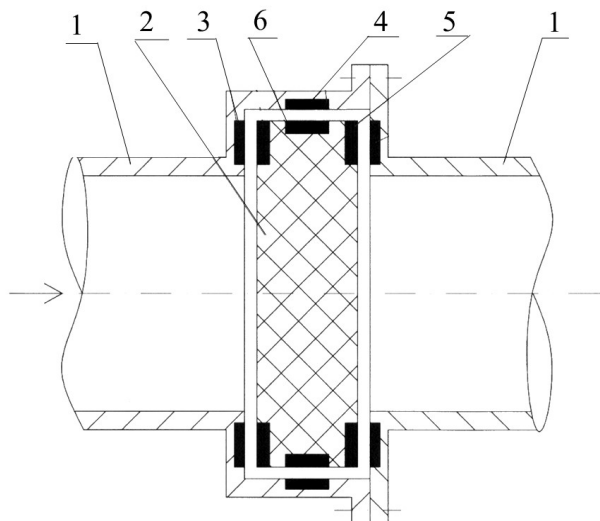


Рис.1. Схема лічильника безопорного

Стосовно незалежності від кута розміщення лічильника, то це може бути досягнуто завдяки налаштуванню магнітів на взаємне відштовхування та відповідних розрахунків сили магнітів. Передача частоти обертання від турбінки на лічильний механізм може відбуватись за рахунок, наприклад, індукційного перетворювача, який працює від магнітних хвиль, оптичної пари, контактних пар тощо.

Кількість магнітів, їх полярність та сила визначаються напрямком, швидкістю та силою потоку речовини, що обліковують, місцем експлуатації, впливом зовнішніх магнітних сил, відхиленням від горизонталі та інших факторів, таких як, густина, сипучість, в'язкість, температура.

Безопорний лічильник працює таким чином.

У стані спокою, тобто коли відсутній рух речовини, що обліковується, обертовий елемент 2 не обертається, а завдяки дії сил магнітів 3, 5, 4, 6 знаходиться в “підвішеному” стані. Коли з’являється потік речовини, що обліковується, обертовий елемент 2 починає обертатись, в той же час знаходячись в тому ж “підвішеному” стані.

Передача частоти обертання від обертового елемента 2 на лічильний механізм може здійснюватись будь-якими відомими методами, наприклад, індукційним перетворювачем, який працює від магнітних хвиль, оптичної пари, контактних пар тощо.

Ключові слова: лічильник; облік; постійні магніти; обертовий елемент; технічний результат.

Література

[1] В. П. Симонюк та ін. Корисна модель України № 138589, Безопорний лічильник, Грудень 10, 2019.

УДК 681.51

СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНКИ КІЛЬКІСНИМИ КРИТЕРІЯМИ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ПОБУДОВІ ПРИЛАДІВ ТА СИСТЕМ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

Смолін Ю.О.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Харків, Україна

E-mail: uas8735@gmail.com

Існуюча оцінка якості застосування інноваційних технологій в приладах і системах телекомунікацій проводиться за допомогою десятків різних кількісних критеріїв. При чому виділити з них головні і основоположні достатньо важко, оскільки в кожному конкретному випадку вони різні [1].

Мета цієї роботи – вдосконалити систему кількісних критеріїв оцінки телекомунікаційних систем з урахуванням використання інноваційних технологій при створенні таких систем та їх експлуатації, базуючись на системному підході.

Системний підхід, в цьому випадку, полягає в тому, що будь-який менший чи більший, складний чи простий об’єкт розглядається як відносно самостійна, креативна система зі своїми особливостями функціонування і майбутнім.

Нами запропонований двоїстий підхід до оцінки критеріїв оцінки якості застосування інноваційних технологій, тобто пропонується поділити їх на дві групи [2]:

- 1) критерії оцінки якості на етапі розробки;
- 2) критерії оцінки якості на етапі експлуатації.

Для цих критеріїв пропонується ввести їх проміжні оцінки для розробки яких були введені такі поняття:

– Орієнтовне значення – номінальне значення, яке виражає характеристику, що зазначена у технічній документації до певної технології.

– Розрахункове значення – значення, отримане в результаті урахування умов, що впливають на зміну орієнтовного значення.

– Фактичне значення – значення, отримане у результаті виміру при практичному дослідженні.

Виходячи з цих понять і були розглянуті обидві групи критеріїв. В якості прикладу розглянемо час відновлення зв'язку.

В оцінці часу відновлення зв'язку T_B головну роль грає відношення орієнтовного часу до розрахункового чи фактичного.

Це випадок, коли оцінка буде вища, якщо розрахунковий T_p чи фактичний T_f час відновлення буде значно менше орієнтовного T_o .

Для етапу розробки: $T_B = T_o / T_p$. Для етапу експлуатації: $T_B = T_o / T_f$.

Таким чином були визначені проміжні оцінки для обох груп, а також залежність проміжної оцінки від відношення орієнтовного часу до фактичного, яка наведена на рис. 1.

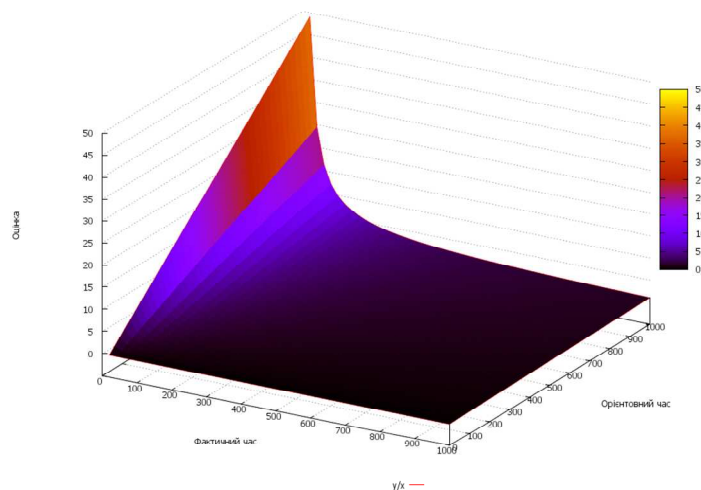


Рис. 1. Залежність проміжної оцінки від відношення орієнтовного часу до фактичного

На основі проміжних оцінок пропонується підсумкова оцінка до кожного стану, яка створюється виходячи з таких вимог:

1) Всі оцінки мають бути поєднані в групи за властивостями, а при розробці підсумкових оцінок для кожного етапу, треба враховувати вплив кожної групи оцінок на загальну за важливістю. Для цього потрібно ввести систему вагових коефіцієнтів.

2) Оцінки в кожній групі, окрім групи, де фігурує бальна градація, мають бути перемножені, оскільки максимальне значення групової оцінки досягається лише за найбільших значень кожного множника.

Визначена залежність оцінки від добутку проміжних оцінок наведена на рис. 2.

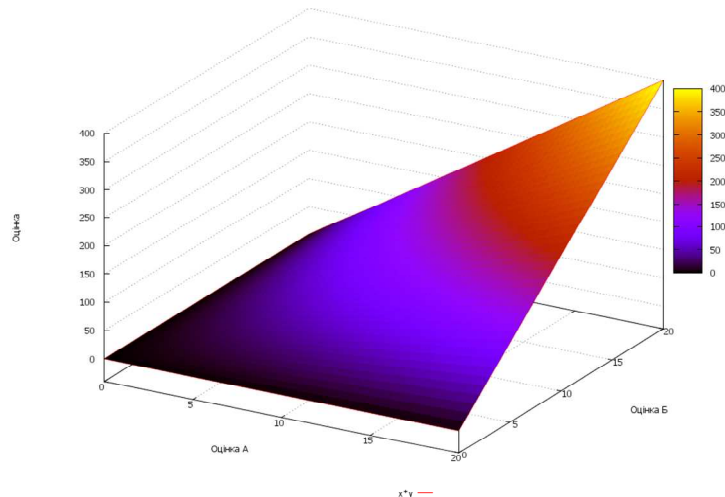


Рис. 2. Залежність оцінки від добутку проміжних оцінок

Оскільки пропонується поділ критеріїв на рівні за важливістю та властивостями впливу на результат оцінки, то пропонується ще, як найважливіші, виділити новизну та корисність, які в свою чергу, залежать від критеріїв другого рівня. Таку залежність відображено на рис. 3.



Рис. 3. Залежність критеріїв першого і другого рівня

Можливість двоїстого підходу до критеріїв оцінки телекомунікаційних приладів та систем, згідно якого кожен з критеріїв досліджується щодо приналежності до однієї з двох груп: критеріїв, що впливають на оцінку на етапі розробки і проектування та критеріїв, які впливають на оцінку безпосередньо у процесі експлуатації, дозволяє виходячи з отриманих даних розробити дві загальні оцінки, для кожного етапу окремо, що в свою чергу, дозволить оцінювати якість телекомунікаційних приладів та систем на різних етапах розробки та експлуатації.

Ключові слова: інноваційні технології, оцінка якості, критерії оцінки, двоїстий підхід, проміжні оцінки.

Література

- [1] В. А. Каптур, «Оцінка ефективності реорганізації телекомунікаційних мереж», Презентація Одеської національної академії зв'язку ім. О.С. Попова, Одеса, 2012, 21с.

[2] Ю.О. Смолін, «Критерії оцінки іноваційних технологій при створенні телекомунікаційних систем», на XXVI міжнар. наук.-практ. конф. MicroCAD: Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я, Харків, 2018, с. 47.

УДК 657:004

ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ РОЗРОБЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ON-LINE СИСТЕМИ ОБЛІКУ ВИТРАТ ТА ДОХОДІВ

Лаврів М. Р., Штаєр Л. О., Белей О. І.

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

*E-mail: maksym.lavriv-aksm222@nung.edu.ua, Lida.Shtayer@gmail.com,
oksana7may@gmail.com*

Впродовж всього двадцять першого століття люди оцифрували та продовжують оцифрувати різноманітні сфери власного життя. Ця тенденція не минула і фінансову сферу, адже ми постійно користуємось грошима, де б ми не були і щоб не робили, протягом багатьох століть, люди або заробляли або витрачали кошти. Тому фінансова сфера радше і стала причиною цифровізації світу, а зокрема й України. Причини чому сьогодні люди і, без перебільшень, цілі держави надають перевагу цифровим активам натомість «живих» грошей, інакше кажучи готівки, прості: фізичні гроші важко транспортувати, за ними складно стежити і банально на їхнє виробництво йде тисячі тон сировини щодня. З огляду на це все, світ прийняв рішення зробити систему фінансів більш впорядкованою і прозорою, тому з'явилися безліч інтернет банків, гаманців, бірж і решта застосунків, сенс життя яких, у впорядкуванні у використання наших грошей.

Тому і постає проблема, як можна одночасно відслідковувати власні доходи (надходженням економічних вигод) та витрати (зменшення економічних вигод внаслідок вибуття активів або зменшення зобов'язань, які призводять до зменшення власного капіталу), не тільки фактичні, але й плановані, що означає ми можемо створити запис про них перед тим, як власне реальні фінансові операції будуть здійсненні, не надаючи документи банкам і не підписуючись на платні сервіси, що мають в рази більший функціонал, ніж потрібно пересічному користувачу [1, 2].

Для цього потрібно спочатку дослідити предметну область, та проаналізувати існуючі аналоги та інструменти. Після чого створити базу даних, яка матиме опції додавання, видалення, пошуку і перегляду даних. Також, щоб зробити цю систему “user” та “developer friendly” потрібно створити Back-End API на платформі Node JS із використанням фреймворку Express та REST архітектурою для того, щоб можна було зручніше працювати з базою даних через, створену за допомогою бібліотеки React і використанням бібліотек Redux та Front-End [3].

У ході розроблення інформаційної системи обліку витрат та доходів проведено дослідження вебтехнологій стеку MERN та аналіз можливих, сучасних аналогів розроблювальної інформаційної системи. На основі проаналізованих та досліджених даних створено відповідні UML діаграми: відносин даних, пакетна, варіантів використання, послідовності, діяльності та станів. Вони слугують одночасно описом структури та функціональності системи та інструкцією до її розробки.

Користуючись створеними діаграмами реалізовано інформаційну систему із необхідним функціоналом та сутностями, яка поділена на три окремі частини, кожна з яких взаємодіє із відповідною до неї частиною та зображена на пакетній діаграмі. Таким чином створена клієнт-серверна архітектура системи, що містить наступні складові: базу даних, серверну та клієнтську частини.

Для написання настанови користувача приведені реальні приклади взаємодії із готовою системою. Настанова покроково описує та зображує, які дії повинен виконувати користувач, щоб досягнути бажаного результату.

Основна мета розроблення інформаційної on-line системи обліку витрат та доходів – це можливість мати весь потрібний функціонал в одному місці, із інтуїтивно простим інтерфейсом та безоплатним і необмеженим доступом до нього.

Ключові слова: системи обліку доходів та витрат, Node JS.

Література

- [1] Тема: Облік витрат, доходів та фінансових результатів [Електронний ресурс]: Облік витрат, доходів та фінансових результатів підприємства. Офіційний сайт. Доступно: <http://nkkep.com/wp-content/uploads/2020/03/Buh.oblik-GRS-31.pdf>
- [2] epravda.com [Електронний ресурс]: Кишеньковий бюджет. Сім кращих додатків для обліку власних фінансів та контролю витрат. Офіційний сайт. Доступно: <https://www.epravda.com.ua/publications/2021/12/20/680809/>
- [3] Getting started with redux [Електронний ресурс]. Доступно: <https://redux.js.org/introduction/getting-started>

УДК 004.02+681.2-5

ПРО РОЗРОБЛЕННЯ АЛГОРИТМУ РЕГУЛЮВАННЯ ТЕПЛОВОГО ВИТРАТОМІРА З МЕТОЮ ПОКРАЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ЙОГО ВИМІРЮВАННЯ

Каліщук В. О., Кайдик О. Л., Терлецький Т. В.

Луцький національний технічний університет, Луцьк, Україна

E-mail: k.vadim.ol@gmail.com, o.kaidyk@lntu.edu.ua, t.terletskyi@lntu.edu.ua

Методика регулювання термомасового витратоміра базується на контролі витрат вимірюваного середовища. При цьому, його контролююча складова формується двома давачами температури (нагрівальними елементами). Температура вимірюваного середовища визначається одним із давачів, у той момент часу коли на другий подають встановлену потужність нагрівання

нагрівального елемента, та є співрозмірною таким чином, що утворюється задана різниця температур між ними обома.

На практиці, для регулювання нагрівального елемента прийнято використовувати ПІД-регулятори. Перед початком цієї процедури задають параметрами регулювання, які визначають із фізичних властивостей процесу вимірювання (основною величиною фізичного процесу вимірювання виступає норма масової витрати вимірюваного середовища). Фізичні умови цього процесу прийнято виражати у вигляді коефіцієнту теплопередачі, який характеризує передачу через стінку трубопроводу теплової енергії від нагрівального елемента до вимірюваного середовища.

Розроблення методики регулювання теплового витратоміра ставило за мету створити певний алгоритм, який дозволить швидко та стабілізовано налаштувати його та мінімізувати, при цьому, залежність різних умов перебігу процесу вимірювання масових витрат. В основу алгоритму було покладено швидкість зміни температури, яка тісно пов'язана із оптимально-узгодженою температурою та відповідними умовами процесу.

Реалізація алгоритму регулювання термомасового витратоміра дозволила контролювати фактичне значення актуальної різниці температур, яка відхиляється від заданої, та встановити її істинне значення, що дозволило керувати швидкістю зміни потужності нагрівання.

Розроблений алгоритм регулювання дозволяє у найкоротші терміни вийти на режим актуального (коректного) вимірюваного значення. Встановлено, що для врівноваження системи витратоміра, за граничної швидкості зміни потужності нагрівання (мала або занадто велика), необхідно затрачати чимало часу.

Застосована в алгоритмі методика дозволила наблизити поведінку системи до ідеального стану, і тим самим, покращила точність вимірювань витрат в умовах перехідного процесу.

Ключові слова: алгоритм, регулювання, тепловий витратомір, вимірювання, витрати, точність.

УДК 006.91

КАЛІБРУВАННЯ ПРИЛАДІВ ГАЗОВОГО АНАЛІЗУ

Козубовський В. Р., Білак Ю. Ю., Роль М. І.

ДВНЗ «Ужгородський національний університет», Ужгород, Україна

E-mail: kozubvr@gmail.com, yuriy.bilak@uzhnu.edu.ua, mariana.rol@uzhnu.edu.ua

Прилади газового аналізу, особливо токсичних і вибухонебезпечних приладів, є, як правило, засобами вимірювальної техніки. Тому дуже важливим є забезпечення їх метрологічних параметрів. Для цього періодично проводиться їх метрологічна атестація, яка є затратною процедурою і проводять її, зазвичай, метрологічні центри. Часто виникає необхідність самостійної перевірки

працездатності приладу та його налаштування, причому існує значна кількість методів їх калібрування, до прикладу, часткове затемнення робочого каналу, уведення в робочий канал запаяної кювети з певною концентрацією вимірюваного газу тощо [1-5]. Однак, всі вони мають певні недоліки, як з точки зору значної похибки, так і можливості їх реалізації в експлуатації.

Нами пропонується метод калібрування, який частково має більшу достовірність, ніж вказано в дослідженнях [1-5]. Суть методу полягає в тому, що при зміні температури джерела випромінювання змінюється і його спектр випромінювання – а саме зміщується в інфрачервону область (при зменшенні температури). Тому, для ІЧ двоканального однопроменевого газоаналізатора, в якому канали суттєво рознесені по довжині хвилі, співвідношення інтенсивності робочого та опорного каналів змінюється, що еквівалентно введенню в робочий канал аналізованого газу. Розглянемо цей метод більш детально.

Як відомо, спектральна щільність енергетичної світності тіла накаливання розподілена у відповідності із законом Планка:

$$M_e(\lambda, T) = \frac{C_1 \lambda^{-5} \pi}{\exp(C_2 / \lambda T) - 1}, \quad (1)$$

де C_1 , C_2 – сталі. Ці спектральні залежності при температурі тіла розжарювання, що дорівнює 1500°K і 2000°K , зображені на рис.1, а.

На рис.1, б наведені функції пропускання світлофільтрів опорного ($\lambda_0 = 3,37$ мкм) і робочих ($\lambda_{CO_2} = 4,26$ мкм; $\lambda_{CO} = 4,65$ мкм) каналів газоаналізатора CO_2 , CO відповідно. Як бачимо з рис.1 енергетична світність тіла розжарювання в спектральних інтервалах, що виділяються інтерференційними світлофільтрами, при збільшенні температури змінюється (не однаково). В опорному каналі, який знаходиться ближче до максимуму розподілу Планка, світловий потік збільшується на більшу величину, ніж у віддалених робочих каналах.

В таблиці 1 наведені значення енергетичної світності ΔM_e по каналах газоаналізатора при двох температурах тіла розжарювання; їх значення, віднесені до опорного каналу $\Delta M_{ep} / \Delta M_{eo}$, та процентна зміна Δ цих відношень при збільшенні температури. Причому ці дані наведені для двох значень $\lambda_{1\text{CO}_2}$, $\lambda_{2\text{CO}_2}$ максимумів пропускання каналу CO_2 , для демонстрації величини впливу зміни спектральних параметрів газоаналізатора на калібрувальні числа.

Якщо врахувати, що для збереження лінійності градуовальної кривої відношення сигналів U_p / U_o відхилиться від 1 до 20 %, то, як бачимо з таблиці, градуовальні числа мають порядок 1/3 шкали газоаналізатора. Це говорить про значний перерозподіл світлового потоку по каналах, як результат підвищення температури тіла розжарювання. Крім того, спектральний зсув інтерференційного світлофільтру каналу CO_2 на 0,04 мкм призвів до зміни калібрувального числа на 10 % (від 5,7 до 6,6).

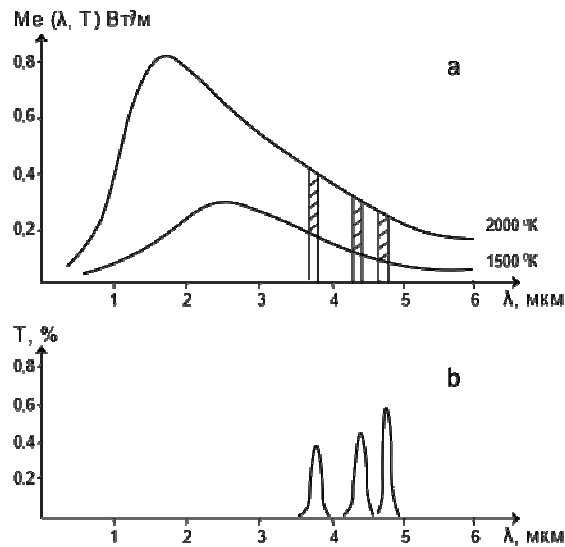


Рис. 1. Спектральна залежність енергетичної світності при температурі розжарювання 1500⁰К і 2000⁰К (а) та функція пропускання інтерференційних світлофільтрів газоаналізатора СО, СО₂ (б).

Таблиця 1. Розподіл світлового потоку по каналам газоаналізатора

| | | | | |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Довжина хвилі, мкм | 3,7 | 4,25 | 4,3 | 4,65 |
| Параметр (Температура, ⁰ К) | 1500; 2000 | 1500; 2000 | 1500; 2000 | 1500; 2000 |
| $\Delta Me, \text{Вт/см}^2$ | 0,49; 1,0 | 0,43; 0,83 | 0,43; 0,81 | 0,37; 0,7 |
| $\Delta Me_p / \Delta Me_o$ для відповідних Т | 1; 1 | 0,88; 0,83 | 0,69; 0,81 | 0,76; 0,7 |
| $\frac{\Delta Me_p / \Delta Me_o(2000^\circ)}{\Delta Me_p / \Delta Me_o(1500^\circ)}$ | 1 | 0,943 | 0,943 | 0,91 |
| $\Delta, \%$ | 0 | 5,7 | 6,6 | 9 |

Таким чином, даний метод калібрування дозволяє фіксувати зміни параметрів як електронного, так і оптичного тракту, включаючи його спектральні характеристики.

На рис. 2 приведена структурна схема інфрачервоного газоаналізатора СО, СО₂, що реалізує пропонуванний спосіб.

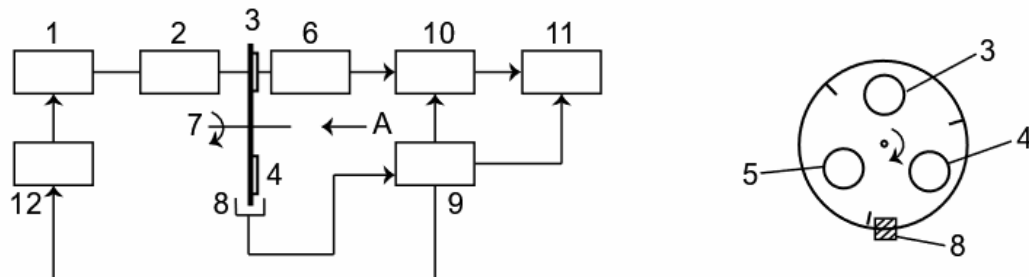


Рис. 2. Структурна схема газоаналізатора СО, СО₂ з селективним калібруванням.

Газоаналізатор складається з джерела світла 1, робочої кювети 2, через яку прокачується аналізована газова суміш, інтерференційних світлофільтрів 3

(опорного каналу $\lambda_0 = 3,7$ мкм), 4 (каналу CO_2 , $\lambda_{\text{CO}_2} = 4,26$ мкм), 5 (каналу CO , $\lambda_{\text{CO}} = 4,65$ мкм), які закріплені на диску модулятора 7, приймача випромінювання 6, датчика положення модулятора 8, блока управління 9, блока підсилювачів 10, схеми 11 обробки та виводу інформації, стабілізатора струму 12.

Газоаналізатор працює наступним чином. Випромінювання від джерела 1 проходить через кювету 2, відповідні світлофільтри 3 – 5 і фокусується на приймач 6. Диск модулятора 7 має кодову доріжку. Інформація про ввід того чи іншого світлофільтрів (3-5) в світловий потік знімається з кодової доріжки за допомогою датчика 8 і поступає в блок 9, що формує імпульси керування роботою схеми 11 обробки та виводу інформації. При включенні режиму калібрування блок 9 видає сигнали в стабілізатор 12, що змінює струм джерела 1 на певну величину, а також в блок підсилювачів для перемикання їх коефіцієнтів передачі. При зміні струму розжарювання температура джерела 1 збільшується від 1500 °К в режимі вимірювання до 2000 °К в режимі калібрування. Відповідно, величини всіх сигналів, що знімаються з приймача 6, різко збільшуються. Для того, щоб сигнали на виході блока 10 мали той же порядок величини, що й в режимі вимірювання, їх коефіцієнти передачі зменшуються на певну величину в режимі калібрування.

За наявності в кюветі 2 чистого повітря сигнали всіх каналів вирівнюються (за допомогою регулювання коефіцієнтів передачі блоку 10) і індикатори схеми обробки і видачі інформації 11 фіксують нульовий рівень сигналів в каналах CO , CO_2 . Поява аналізованих газів у кюветі 2 призводить до ослаблення сигналів робочих каналів і на індикаторах схеми 11 фіксується концентрація цих газів відповідно до алгоритму обробки сигналів:

$$W = \frac{K \ln U_p}{U_o}, \text{ де } K - \text{ коефіцієнт пропорційності.}$$

При калібруванні продувають кювету 2 чистим повітрям і встановлюють нульові покази індикаторів CO , CO_2 за допомогою органів керування газоаналізатора; включають калібратор і перевіряють відповідність калібрувальних чисел на індикаторах CO , CO_2 їх значенням, вказаним в паспорті приладу. Якщо вони виходять за межі допуску, то за допомогою органів керування газосигналізатора регулюють коефіцієнти передачі системи реєстрації (блок 10), встановлюючи покази на індикаторах CO , CO_2 рівними значенню калібрувальних чисел, вказаних в паспорті приладу.

Звичайно, не завжди можна вибрати в якості опорного каналу близький до максимуму розподілу Планка спектральний канал. Однак в якості опорного каналу можна вибрати і найбільш віддалений від максимуму розподілу спектральний канал. В цьому випадку для калібрування необхідно зменшувати температуру тіла розжарювання (до прикладу, для газоаналізатора вуглеводнів $\lambda_0 = 3,9$ мкм, $\lambda_{\text{CH}_4} = 3,4$ мкм). У найгіршому варіанті, коли опорний канал може займати тільки середнє спектральне положення між робочими каналами, в момент калібрування можна проводити перекомутацію каналів (крайній

робочий зробити опорним каналом) або вимірювати коефіцієнт передачі опорного каналу в системі реєстрації таким чином, щоб сигнал опорного каналу ставав більшим за сигнали робочих каналів на певну величину. В цьому випадку, як і в попередньому, зміна спектральних характеристик призведе до зміни калібрувальних чисел.

Таким чином, використання нашого способу калібрування дозволяє обійтись без використання повірочних газових сумішей (ПГС), селективних поглиначів. Це значно спрощує і робить дешевше процес калібрування. Крім того покращується метрологічна надійність калібрування. Дійсно, при порушенні технології приготування ПГС, вона може з часом змінити свою концентрацію (особливо у випадку агресивних газів і парів, а також схильних до адсорбції і конденсації). Селективно поглинаючі плівки, або гази в запаяних кюветах можуть змінити свої оптичні властивості, поглинання світлового потоку залежить також від їх встановлення в газоаналізатор. Параметри ж сучасних електронних компонентів більш стабільні в часі.

Ключові слова: газоаналізатор, калібрування, випромінювання, міжповірочний інтервал.

Література

- [1] Т. И. Повхан, В. Р. Козубовский, “Модулятор однолучевого многоканального анализатора”, *А.с. №1549314. СССР МКИ G 01 N 21/61*. Заявлено 14.12.87. ДПС – 4 с.
- [2] В. Р. Козубовський, Т. И. Повхан, “Способ калибровки газоанализатора”, *А. с №1559878. СССР МКИ G 01 N 21/61*. Заявлено 6.06.88; ДПС – 4 с.
- [3] В. Р. Козубовський, Т. И. Повхан, “Однолучевой многоканальный анализатор”, *А.с.1598652. СССР МКИ 01 N 21/61*. Заявлено 23.03.89. ДПС – 4 с.
- [4] В. Р. Козубовський. “Спосіб калібрування і повірки газоаналізатора”, *Метрологія та прилади*, №4, с. 41-43, 2011.
- [5] В. Р. Козубовський, “Спосіб калібрування і повірки газоаналізатора”, *Патент на корисну модель №461127*. Опубл.11.07.2011. Бюл. № 13.

УДК 006.91+536.2

ДО ПИТАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОХИБКИ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ВИМІРЮВАНОВОГО СЕРЕДОВИЩА НА ТОЧНІСТЬ РЕЗУЛЬТАТУ ВИМІРЮВАННЯ ДРОСЕЛЬНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ВИТРАТ

Ципящук А. Л., Кайдик О. Л., Терлецький Т. В.

Луцький національний технічний університет, Луцьк, Україна

E-mail: andriy.tsypa@gmail.com, o.kaidyk@lntu.edu.ua, t.terletskyi@lntu.edu.ua

Природньо, що під час транспортування трубопроводом вимірюваного середовища його вихідні параметри можуть змінюватись. Це є наслідком впливу конструктивних параметрів трубопроводу або умов подачі речовини.

Як правило, температурний режим на ділянках з нестабільними параметрами потоку не враховується. Зокрема, не врахованими залишаються:

різниця температур вимірюваної речовини та конструкція вузла обліку; зміна температури речовини за довжиною трубопроводу; конденсація вологи на окремих ділянках трубопроводу. Перераховані чинники здатні спотворити результат вимірювання під час обліку вимірюваної речовини.

Наявні теоретичні та експериментальні дослідження термодинамічних процесів, які відбуваються під час проходження вимірюваного середовища через вузол обліку (як правило це дросельний перетворювач витрат, тобто звужуючий пристрій), дозволяють дослідити причини виникнення та поведінку додаткових похибок визначення температури вимірюваної речовини залежно від сфери застосування рівняння термодинамічного процесу.

Відкритим, на сьогоднішній день, залишається і питання аналітичного способу дослідження впливу похибки визначення температури вимірюваного середовища на загальну похибку вимірювання його витрати.

Загальна додаткова похибка визначення температури вимірюваної речовини зазвичай дорівнює сумі складових похибок: похибка теплообміну між термоперетворювачем та стінкою трубопроводу; похибка теплообміну стінки трубопроводу з навколишнім середовищем; похибка дроселювання вимірюваної речовини; похибка редукування.

Врахування теоретичних та експериментальних значень складових загальної похибки вимірювання дають підстави говорити, що сумарна додаткова похибка визначення температури може досягти граничного значення у 10 °С. А уточнення цих значень внаслідок впливу термодинамічних, дросельних та редуційних процесів залишається і надалі предметом подальших досліджень.

Подальше дослідження точності результату вимірювання вимірюваної речовини шляхом впливу теплообміну у трубопроводі дозволить наблизити складову додаткової похибки вимірювання витрати до $\pm 2\%$.

Ключові слова: похибка, вимірюване середовище, речовина, теплообмін, звужуючий пристрій, дросель, редукція.

УДК 681.518.22

КОРЕЛЯЦІЙНИЙ АНАЛІЗ ФАКТОРНОГО ВПЛИВУ НА ОДНОРІДНІСТЬ ПОМЕЛУ ЗЕРНА КАВИ

*Григоренко І. В., Кондрашов С. І., Григоренко С. М., Опришкін О. С.
Національний Технічний Університет «Харківський Політехнічний Інститут»
Харків, Україна*

*E-mail: grigmaestro@gmail.com, serhii.kondrashov@khpi.edu.ua, sngloba@gmail.com,
aleksandr.opryshkin@cit.khpi.edu.ua*

У процесі помелу зерна кави якість кінцевого продукту залежить від якості самої сировини, що переробляється, а також технології помелу.

Проведений аналіз робіт вітчизняних і закордонних вчених показав, що для отримання максимальної однорідності потрібного помелу треба враховувати

невизначеність результатів вимірювань значень показників якості помелу, яка пов'язана з рядом факторів, що впливають на процес проведення експерименту, а саме з суб'єктивним впливом фахівця-оператора, умовами проведення помелу, генетичної ознаки сорту.

Для проведення досліджень по визначенню факторного впливу на однорідність помелу зерна кави створимо стенд, що складається з стандартної кавомолки *Mahlkönig EK 43* та мікроконтролерної системи на основі платформи *Arduino Nano 3.0*. До складу стенду входять: стандартна кавомолка *Mahlkönig EK 43*; платформа *Arduino Nano 3.0*; електромагніт для утворення коливань бункера з набором сит; модуль з датчиком Холла для *Arduino*; датчик температури на основі напівпровідникового датчика *DS18B20* фірми *Maxim*; цифровий відліковий пристрій *LCD 1602* із *I2C* адаптером; блок живлення. Для підключення до персонального комп'ютера використовується *USB Mini – B*, що є на платі *Arduino Nano 3.0*.

У роботі встановлено, що чинники, які впливають на однорідність помелу, пов'язані з кліматичними умовами, параметрами сировини та режимами, на яких здійснюється помел. Проведено експеримент, мета якого – визначення ступеню кореляції між кількістю обертів валу двигуна кавомолки, часом помелу і його однорідністю. Якість помелу зерна кави була оцінена за допомогою бункера з набором сит. Це дало можливість визначити гранулометричний склад помеленої кави просіюванням через набір стандартних сит з отворами 1,5 мм, 1,0 мм та 0,5 мм.

Дослідження проводилося з урахуванням відстані між жорнами (0,5 мм та 1,0 мм), яка в процесі експерименту підтримувалася на сталому рівні, та вологості зерна кави 12 %RH. Для кожного із експериментів було використано 80 грам зерна кави. Задавалися ті оберти, що були визнані найефективнішими у результаті попередніх досліджень, а саме 850 об/хв. В процесі експерименту були проведені дослідження, що дозволили оцінити якість помелу кави залежно від швидкості обертання жорен та часу помелу.

Поняття лінійної кореляції між двома величинами добре відомі, але у нашому випадку мова йде про випадок кореляції трьох величин: час помелу (x), кількість обертів валу двигуна (y) та однорідність помелу (z).

Мірою залежності між величиною z та величинами x і y є зведений коефіцієнт кореляції:

$$R = \sqrt{\frac{r_{xz}^2 + r_{yz}^2 - r_{xy} \cdot r_{xz} \cdot r_{yz}}{1 - r_{xy}^2}} =$$
$$= \sqrt{1 - \frac{1}{(N-1) \cdot s_z^2} \cdot \sum_{i=1}^N [z_i - \bar{z} - b_{z|x}(x_i - \bar{x}) - b_{z|y}(y_i - \bar{y})]^2}.$$

Для виявлення наявності кореляції між вказаними параметрами проведемо розрахунки коефіцієнтів кореляції та зведеного коефіцієнту кореляції.

Розрахунки виконано за допомогою комп’ютерної програми *Microsoft Excel*. Результати розрахунків зведено у табл. 1.

Таблиця 1. Результати розрахунків основних параметрів кореляційних залежностей при відстані між жорнами 0,5 мм та 1,0 мм

| Відстань між жорнами 0,5 мм | | | Відстань між жорнами 1,0 мм | | |
|-----------------------------|-------------------|------------------|-----------------------------|------------------|-------------------|
| $s_x = 5,338$ | $s_y = 0,502$ | $s_z = 25,755$ | $s_x = 5,339$ | $s_y = 0,502$ | $s_z = 25,188$ |
| $s_x^2 = 28,5$ | $s_y^2 = 0,252$ | $s_z^2 = 663,31$ | $s_x^2 = 28,5$ | $s_y^2 = 0,252$ | $s_z^2 = 634,45$ |
| $r_{xy} = -0,187$ | $r_{yz} = -0,183$ | $r_{xz} = 0,973$ | $r_{xy} = 0,2526$ | $r_{yz} = 0,111$ | $r_{xz} = 0,9624$ |
| | $R = 0,973$ | | | $R = 0,972$ | |

Проведемо перевірку значущості коефіцієнту кореляції, що обчислений за обмеженою кількістю спостережень. Перевірити значимість коефіцієнту кореляції для його подальшого обліку (або ігнорування) дозволяє застосування критерію Стюдента

$$\frac{|R|}{\sqrt{1-R^2}} \sqrt{n-2} \geq t_p(n-2),$$

де $t_p(n-2)$ – коефіцієнт Стюдента для числа ступенів свободи $(n-2)$.

Встановлено, що обчислення коефіцієнту кореляції між часом помелу та його однорідністю при відстані між жорнами 0,5 мм та 1,0 мм становило 0,973 та 0,972 відповідно.

Зроблено перевірку значимості коефіцієнту кореляції, що розрахований за обмеженою кількістю спостережень. Проведено розрахунок сумарної стандартної невизначеності для корельованих даних. Розрахунок розширеної невизначеності для корельованих даних показав, що ігнорування кореляції призвело б до невиправданого збільшення розширеної невизначеності у 1,2 рази.

Ключові слова: кореляційний аналіз, факторний вплив, однорідність помелу, коефіцієнт кореляції, невизначеність.

УДК 16.12-073

ПИТАННЯ КАЛІБРУВАННЯ РОБОЧИХ ЕТАЛОНІВ ДЛЯ ПОВІРКИ МОНІТОРІВ ПАЦІЄНТІВ

¹⁾Мокійчук В. М., ²⁾Мацько Л. П.

¹⁾Національний технічний університет України

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

²⁾ТОВ «РІВНЕСТАНДАРТ», Рівне, Україна

E-mail: mvy-pbf@lll.kpi.ua, lovematsko@ukr.net

Монітор пацієнта призначено для спостереження за хворими, що знаходяться на операційному столі, в реанімації або палаті інтенсивної терапії. Монітор пацієнта відноситься до групи медичної техніки, яка підлягає повірці [1, 2]. Для повірки застосовуються багатофункціональні прилади або комплекти приладів передбачені документами [3-6], зокрема генератор сигналів пацієнта FLUKE ProSim 8.

Існує стандартний набір показників, які є в кожному пристрої:

- електрокардіограма (ECG), що знімається по одному або декількох каналах, яка характеризується основними параметрами: амплітуда та тривалість;
- показники артеріального тиску NIBP, отримані неінвазивним способом (сistolічний, діастолічний, середній);
- температура тіла TEMP (може відображатися в градусах за Цельсієм або Фаренгейтом - для вимірювання необхідне попереднє налаштування);
- концентрація кисню в крові SpO₂ (сатурація), куди входять насичення киснем, частота пульсу, пульсова хвиля;
- дихання Resp, куди входять частота дихання, дихальна хвиля.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Лабораторія, яка проводить калібрування, повинна [7] мати методики калібрування, власні еталони та допоміжне обладнання для задоволення вимог цих методик.

На Рис. 1 схематично зображено сигнали, які об'єднані в моніторі і, відповідно, фізичні величини, які генеруються або вимірюються симулятором сигналів, відповідно калібруються окремо, як вимірювальні канали.

За Рис. 1. стає зрозуміло, що для проведення калібрування потрібно мати значну кількість робочих еталонів. Для реалізації процедур калібрування, необхідно підібрати робочі еталони так, щоб співвідношення невизначеності калібрування, яку забезпечує робочий еталон, та допустимої похибки сигналу симулятора один до трьох. Так для каналу ЕКГ, потрібно застосувати осцилограф з як мінімум 12-ти розрядним вхідним АЦП. Частотомір повинен мати відносну невизначеність не гірше 10^{-7} . Для каналу тиску (сфігноманометр)

повинен мати відносну невизначеність вимірювання тиску не гірше 0,05 %, а симуляції резистивного перетворювача тиску – 0,01 %.

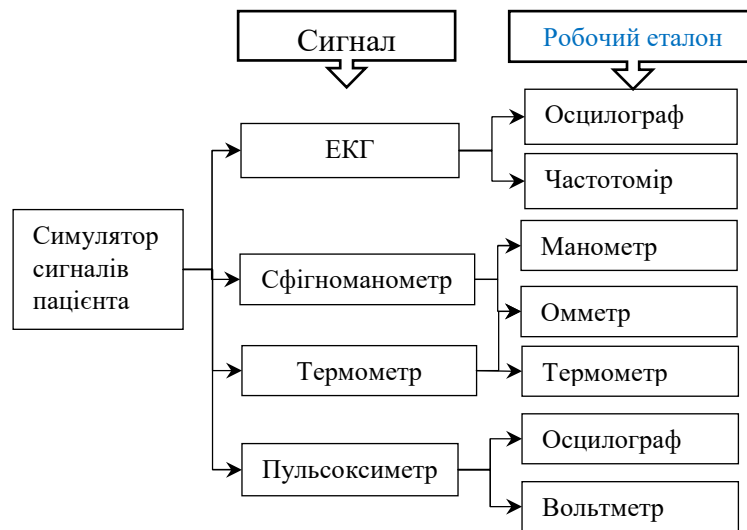


Рисунок 1. Аналіз робочих еталонів

Для каналу температури повинен мати відносну невизначеність вимірювання температури не гірше $0,1^{\circ}\text{C}$, а симуляції термоперетворювача опору – 0,01 %. Канал пульсоксиметра калібрується непрямим методом, шляхом вимірювання електричних параметрів, які формують сигнал відповідної R-кривої. Для цього, потрібно застосувати осцилограф з як мінімум 10-ти розрядним вхідним АЦП та вольтметр з відотною невизначеність не гірше 1 %.

ВИСНОВКИ

Проаналізувавши характеристики моніторів пацієнта та симулятора сигналів пацієнта, який застосовується для їх перевірки, розроблено методики калібрування симулятора та обрано відповідні робочі еталони.

Ключові слова: перевірка, монітор пацієнта, інженерні рішення.

Література

- [1] ПОСТАНОВА КАБІНЕТУ МІНІСТРІВ УКРАЇНИ «Про затвердження переліку категорій законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, що підлягають періодичній повірці» від 4 червня 2015 р. № 374.
- [2] НАКАЗ МІНІСТЕРСТВА ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ УКРАЇНИ № 1719 від 21.12.2015р. «Про затвердження Норм часу, необхідного для проведення перевірки законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, що перебувають в експлуатації»
- [3] МПУ431/09-2015. Електрокардіографи. Методика повірки.
- [4] МПУ 001/04-2003. Вимірювачі та монітори артеріального тиску. Методика повірки.
- [5] МИ 1657-87. Термометри термоелектричні цифрові. Методика повірки.
- [6] ДСТУ 8893:2019. Пульсоксиметри. Методика повірки.
- [7] ISO 17025:2017. Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій.
- [8] FLUKE Biomedical [Електронний ресурс]. Доступно: <http://www.promprylad.com.ua/#fluke>