

## МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ ДОСТОВІРНОСТІ ВИМІРЮВАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ ПАРОВМІСТУ СИСТЕМОЮ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ

© Маловік Костянтин, Нікішин Володимир, 2011

Севастопольський національний університет ядерної енергії та промисловості,  
кафедра теорії методів отримання метрологічної інформації,  
вул. І. Курчатова, 7, Севастополь, Україна

*Розглянуто оцінювання достовірності результатів вимірювального контролю параметрів теплоносія за допомогою системи технічного зору на основі аналізу помилок першого та другого родів.*

*Рассмотрено оценивание достоверности результатов измерительного контроля параметров теплоносителя с помощью системы технического зрения на основе анализа ошибок первого и второго рода.*

*In the article is shown estimation of measurement control reliability during using a machine system vision by analyze errors of first and second type.*

**Вступ.** Системи технічного зору (СТЗ) широко застосовують у різних галузях промисловості, переважно для діагностики та неруйнівного контролю [1, 2]. СТЗ, яка розглядається у цій статті, призначена для аналізу стану теплоносія в експериментальному каналі теплофізичного стенда (ТФС), який моделює роботу тепловидільної збірки (ТВЗ) в активній зоні ядерного реактора типу ВВЕР. Основне призначення СТЗ – вимірювальний контроль (ВК) вмісту парової фази (паровміст) у теплоносії.

**Мета роботи** – розробити методику оцінювання достовірності результатів вимірювального контролю систем технічного зору.

Відомо [3], що дві взаємозв'язані операції – вимірювання та контроль характеризують працездатність. Розглянемо класифікацію видів вимірювального контролю.

ВК 1 – працездатність виробу оцінюють побічно за результатами вимірювального контролю його технічних параметрів. Це так званий диференціальний або поелементний, контроль.

ВК 2 – працездатність виробу оцінюють безпосередньо за результатами контролю вихідних (узгальнених) параметрів або характеристик виробу, що отримують зазвичай розрахунково, вимірюючи його технічні параметри. Це так званий інтегральний, або комплексний, контроль.

ВК 3 – працездатність виробу оцінюють безпосередньо за наслідками порівняння вихідних параметрів виробу з параметрами контрольного («зразкового»

або «еталонного») зразка, характеристики якого в 2–10 разів точніші за відповідні характеристики контрольованого виробу.

ВК 4 – працездатність виробу оцінюється за наслідками аналізу відгуків виробу на контрольні (стимулюючі, випробувальні) сигнали (тести) генераторів чи імітаторів з нормованими метрологічними або точнісними характеристиками.

Вимірювання паровмісту за допомогою СТЗ, за наведеною класифікацією, є вимірювальним контролем ВК 2, оскільки оцінюється розрахунково з отримуваних цифрових зображень.

В основу всіх кількісних контрольних методів оцінювання стану виробів покладено операції вимірювального контролю, точнісні властивості яких характеризуються показниками достовірності.

Досліджуваною величиною є вміст парових пухирців у теплоносії або паровміст [4]. Аналіз паровмісту дає змогу робити висновки про стан теплоносія з погляду безпечної експлуатації ядерного реактора. У цій статті розглянуто питання імовірнісного оцінювання метрологічних характеристик СТЗ для визначення достовірності якості вимірювального контролю.

Оскільки СТЗ є нестандартним засобом вимірювальної техніки, необхідний аналіз її метрологічних характеристик та їх нормування. Відомо [5], що на точність вимірювань параметрів теплоносія за допомогою СТЗ впливають такі фактори:

- температура потоку;
- освітленість;

- коефіцієнт масштабування зображення;
- фокусна відстань об'єктива.

Дослідження теплоносія, виконані раніше за допомогою СТЗ [6], показали, що відносна похибка вимірювання паровмісту становить 16 %. Проте в методиці [6] відсутні відомості про оцінювання достовірності вимірювального контролю під час експериментальних досліджень.

Достовірність вимірювального контролю  $D$  загалом визначається співвідношенням [7]:

$$D = 1 - P_\alpha - P_\beta, \quad (1)$$

де  $P_\alpha$  – вірогідність помилок першого роду;  $P_\beta$  – вірогідність помилок другого роду.

Для СТЗ помилкою першого роду є вірогідність помилкового виявлення (помилкова ідентифікація) об'єктів на цифровому зображенні. Помилка другого роду – це вірогідність пропуску (непізнання) об'єктів [2].

Відомо [7, 8], що помилки першого і другого родів зумовлені допуском  $\Delta n$  на контрольований параметр, який визначений нормативною документацією. Розглянемо появу вказаних помилок під час вимірювального контролю паровмісту за допомогою СТЗ.

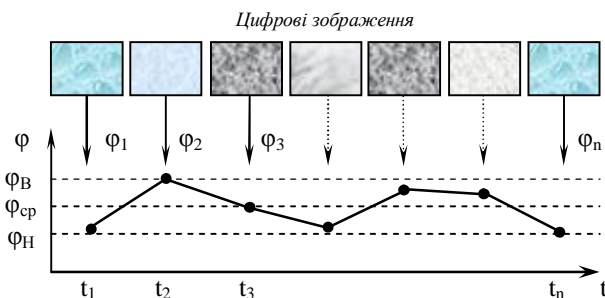


Рис. 1. Процес вимірювання паровмісту  $\varphi$  за допомогою системи технічного зору

На рис. 1 зображено процес вимірювання паровмісту  $\varphi$  за допомогою СТЗ в експериментальному каналі ТФС під час сталого поверхневого кипіння, де позначено:

- $t$  – час;
- $\varphi$  – середнє значення паровмісту;
- $\varphi_B$  – верхня межа паровмісту, що допускається;
- $\varphi_N$  – нижня межа паровмісту, що допускається.

Експериментальні дані паровмісту розраховано за допомогою програмного забезпечення СТЗ. Паровміст визначається як частка пікселів, відповідних зображенню парових пухирців на цифровому зображенні, віднесена до всієї площі зображення [9]:

$$j = \frac{\sum_{t=1}^n P_t}{x \cdot y}, \quad (2)$$

де  $P_t$  – кількість пікселів з рівнем яскравості парового пухирця;  $t$  – час у момент вимірювання;  $x$  – ширина цифрового зображення;  $y$  – висота цифрового зображення.

Цей принцип вимірювання широко використовують у практиці [10, 11].

На підставі експериментальних даних, отриманих на ТФС, побудовано щільність розподілу паровмісту, яка підпорядкована нормальному закону розподілу, що підтверджується за допомогою критерію  $\chi$ -квадрат.

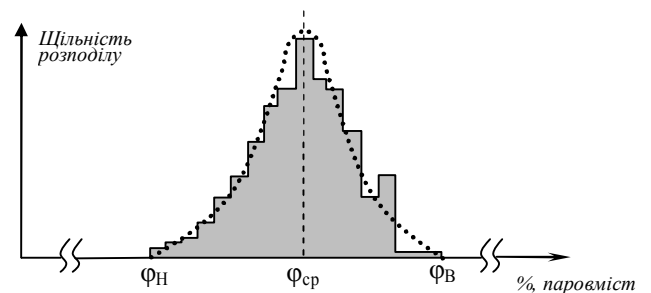


Рис. 2. Щільність розподілу результатів вимірювального контролю паровмісту

Відома [8] методика оцінки похибок при вимірюванні лінійних розмірів, яку можна взяти за основу для оцінювання якості контролю СТЗ, оскільки паровміст визначається залежно від лінійних розмірів парових пухирців.

Пропонуємо вдосконалену методику для визначення достовірності вимірювального контролю СТЗ під час вимірювання паровмісту, яка містить такі пункти.

1. Виконати статистичну обробку результатів вимірювання паровмісту, визначивши:

- середнє значення  $\varphi_{cp}$ ;
- середньоквадратичне відхилення  $\sigma_\varphi$ ;
- нормальність закону розподілу виміряних значень паровмісту.

2. Задати значення параметра  $\frac{\Delta n}{S_{TEX}}$

де  $\Delta n$  – допуск на контрольований параметр;  $\sigma_{TEX}$  – середнє квадратичне відхилення похибки засобу вимірювальної техніки, залежить від конкретної моделі еталонної відеокамери.

3. Знайти якість параметра  $A = \frac{S_j}{\Delta n}$ , який харак-

теризує фактичне значення виміряного паровмісту  $\varphi$ .

4. Оцінити вірогідність помилок I ( $P_\alpha$ ) та II ( $P_\beta$ ) родів за номограмами з нормативного документа [8].

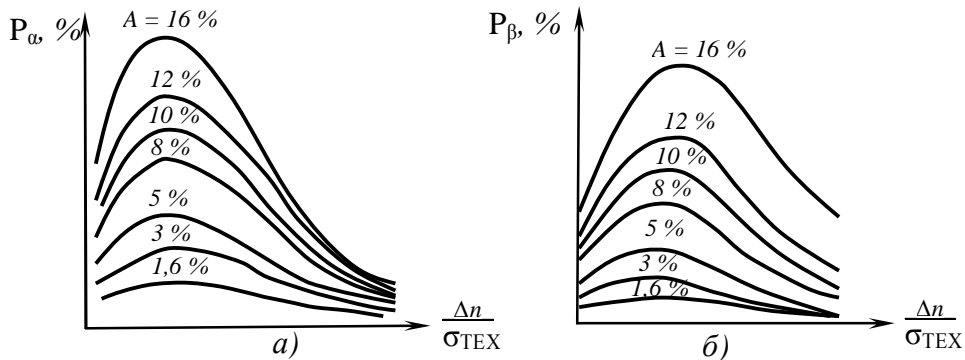


Рис. 3. Номограми для визначення помилок I (а) і II (б) родів

5. Оцінити достовірність вимірювального контролю **D** за значеннями  $P_\alpha$  та  $P_\beta$  за формулою (1)

Цю методику можна застосувати для оцінювання достовірності й в інших видах вимірювань за допомогою СТЗ, наприклад, при ідентифікації домішок у системі охолодження турбогенераторів [12].

**Висновки.** Відома методику оцінки точності системи технічного зору не враховує достовірності вимірювального контролю паровмісту теплоносія, тому автори запропонували удосконалити її за допомогою оцінювання помилок I і II родів. Методику також можна застосувати і в інших видах вимірювального контролю з використанням систем технічного зору.

1. Клюев В. В. *Неразрушающий контроль и диагностика: справочник* / В. В. Клюев, Ф. Р. Соснин, А. В. Ковалев; 3-е изд., испр. и доп. – М.: Машиностроение, 2005. – 656 с. 2. Коротаев В. В. *Телевизионные измерительные системы: учебн. пособие* / В. В. Коротаев, А. В. Краснящих. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2008. – 108 с. 3. Крещук В. В. *Метрологическое обеспечение эксплуатации сложных изделий* / Крещук В. В. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 200 с. 4. Попов И. А. *Новые методы измерения теплогидравлических параметров в ядерной энергетике* / И. А. Попов, Е. Н. Сычёв // Сборник научных трудов СНИЯЭиП. – 2003. – № 8. – С. 77 – 84. 5. Быковский Ю. М. *Оценка влияния изменений температуры наблюдаемой среды на работу*

*фокусирующей системы оптического измерительного канала* / Ю.М. Быковский // Сборник научных трудов СНИЯЭиП. – 2002. – № 6. – С. 143–150. 6. Матузаев К.Б. *Оценка точности определения истинных фазовых структур теплоносителя с помощью оптического измерительного канала* / К. Б. Матузаев // Сборник научных трудов СНИЯЭиП. – 2001. – № 5. – С. 35–40. 7. *Качество и сертификация промышленной продукции: учебн. пособие* / [Гребеников А. Г., Мяслица А. К., Рябченко В. М., Трофимов К. Б., Фролов В. Я.]. – Х.: Харьковский авиационный институт, 1998. – 396 с. 8. *Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм: ГОСТ 8.051 – 81.* 9. Никишин В. В. *Усовершенствование программного обеспечения для системы технического зрения экспериментального теплофизического стенда* / В. В. Никишин, К. Н. Маловик // Сборник научных трудов СТУЯЭиП. – 2010. – № 35. – С. 204–208. 10. Fadare D. A. *Development and application of machine vision system for measurement of tool wear* / D. A. Fadare, A. O. Oni / *Journal of Engineering and Applied Science.* – 2009. – № 4. 11. Shanin M. A. *A machine vision system for grading lenses* / M. A. Shanin, S. J. Symons / *Journal of the Bioengineering Society.* – 2001. № 43. 12. Пат. 51036 Україна, МПК H 02 K 9/19. *Способ идентификации примесей в водяной системе охлаждения* / Маловик К. Н., Никишин В. В.; заявитель и патентообладатель Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности; заявл. 08.02.2010 ; опубл. 25.06.2010. Бюл. № 12.