

А. К. Бабіченко, к. техн. наук, професор, І. Л. Красніков, к. техн. наук, професор,
Я. О. Кравченко, PhD, доцент, С. Д. Деменкова, ст. викладач

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СПОСОБІВ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТІВ КЕРУВАННЯ

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Ключові слова: вимірювальний комплект, технологічний регламент, точність вимірювання, метрологічні параметри, об'єкт керування.

Вступ

Технологічні регламенти для виробництва продукції в частині метрологічних вимог призначені для персоналу служб контрольно-вимірювальних приладів і автоматизації, які як правило також приймають участь у їх розробці [1, 2]. При цьому норми і показники контролюємих технологічних параметрів можуть бути представлені двома способами: номінальним значенням з межево-припустимими відхиленнями або діапазоном припустимих значень параметра [3, 4]. Номінальне значення технологічного параметра – це приписане (оголошене) значення технологічного параметра, за якого передбачається ведення технологічного процесу з найбільшою ефективністю. Межево-припустимі відхилення від номінального значення – це межі відхилень від номінального значення, усередині яких припустимо вести технологічний процес з достатньою ефективністю. Отже розділ щодо контролю виробництва та керування технологічного процесу є однією з найважливіших частин технологічного регламенту [5]. Окрема задача цього розділу є метрологічна, що забезпечує підбір засобів вимірювання згідно вимог до перелічених вище норм та показників контролюємих параметрів. Найбільша складність такого підбору виникає при контролі параметра технологічного процесу за допомогою вимірювального комплексу у складі датчика (первинний перетворювач), можливого проміжного перетворювача та вторинного приладу. За таких обставин забезпечення потрібної точності дещо ускладнюється, а процес її досягнення пов'язаний з аналізом та визначенням певних технологічних способів [6].

Мета роботи

Дослідити процес забезпечення точності контролю параметра вимірювальними комплектами згідно вимог технологічного регламенту та визначити ефективність пропонуємих способів її досягнення.

Результати досліджень

При застосуванні вимірювального комплексу необхідно враховувати усі прилади, що входять до його складу, із зазначенням найменування і типу, діапазону вимірювання, класу точності та інших метрологічних характеристик. За таких обставин похибка вимірювання буде залежати від похибки усіх складових, що утворюють цей комплект вимірювання технологічного параметру. При цьому припустимо

використання тільки атестованих засобів вимірювання. Згідно регламентованого стандарту [7,8] визначення загальної похибки вимірювання здійснюється у передбаченні, що найбільш ймовірним значенням параметру є лише один результат вимірювань, а складовими похибки результату вимірювання є абсолютні основна та додаткова похибки (невиключені систематичні) засобу вимірювання, які обчислюються за даними наведеними у нормативно-технічній документації (НТД) на прилад. Сумарна похибка вимірювального комплексу [5, 9], визначається величиною середньоквадратичного відхилення σ за формулою:

$$\sigma = \pm 1,1 \sqrt{\sum_{i=1}^m \Delta_i^2}, \quad (1)$$

де 1,1 – коефіцієнт, що визначається ймовірністю $P=0,95$ попадання похибки у заданий довірчий інтервал; Δ_i – основна, додаткова та інші можливі похибки складових вимірювального комплексу; m – кількість складових похибок засобів вимірювання.

Розрахунок похибки вимірювання технологічного параметра розпочинають з аналізу складових похибок засобів вимірювання, що утворюють комплект. У загальному випадку складовими є основні та додаткові похибки засобів вимірювання, що входять у вимірювальний ланцюг, методична похибка і похибка зчитування. Останні дві як правило не враховуються. Після цього визначають границі кожної похибки. Основна похибка, як правило, визначається класом точності засобу вимірювання. При цьому клас точності для різних засобів вимірювання може бути вираженим у формі абсолютних, відносних чи наведених похибок і для розрахунку похибки контролю слід обирати основну похибку у точці з номінальним або тим межовим значенням, за якого похибка максимальна.

Найчастіше припустиме за нормою технологічного регламенту відхилення показань від номінального в процесі вимірювання задається наступним виразом:

$$(X \pm \Delta), \quad (2)$$

де X – номінальне значення параметра згідно технологічного регламенту; Δ – абсолютна похибка вимірювального комплексу (довірчий інтервал згідно регламенту).

Згідно правила трьох сигм (3 σ) абсолютна похибка не може перевищувати її величини. Тому після визначення величини середньоквадратичної похибки вимірювального комплексу перевіряється умова [5, 10]:

$$\sigma \leq \Delta/3. \quad (3)$$

Виконання цієї умови свідчить, що обрані засоби вимірювального комплексу з їх нормованими метрологічними показниками відповідають вимогам технологічного регламенту. У протилежному випадку мають бути розроблені способи щодо підвищення точності вимірювання параметра X . Серед цих способів, як правило застосовують наступні: обрання засобів вимірювання з більш високим класом точності; зменшення діапазону вимірювання; усунення умов, що впливають на підвищення додаткових похибок. Ефективність від застосування перелічених способів може бути досліджена на розглянутих нижче прикладах.

Приклад 1. (Базовий варіант №1) Необхідно оцінити сумарну похибку вимірювання температури газової суміші на виході трубчастої печі виробництва аміаку комплексу, що складається з термопар типу ТХА-0188 класу допуску 2 та вторинного приладу Диск-250 (модифікація 3111) класу точності 0,5 зі шкалою 400–1000 °С. Припустимо відхилення показань приладу від номінального значення згідно регламенту складає (700 ± 12) °С. При цьому згідно НТД на вторинний прилад [11] похибка, що викликана зміною температури навколишнього середовища Θ_p від 20 °С до верхнього (нижнього) робочого значення не перевищує величини $\gamma_\Theta = 0,015(\Theta_p - 20)$. Температура навколишнього середовища Θ_p для умов експлуатації вторинного приладу складає 30 °С. Похибка вторинного приладу, що обумовлена зміною напруги живлення від номінальної не перевищує половини абсолютного значення меж припустимої похибки, похибка, що викликана впливом зовнішнього магнітного поля за самих не сприятливих умов не перевищує абсолютного значення межі основної похибки. За відсутності методичних похибок необхідно зробити висновок щодо правильності вибору вимірювального комплексу з вищенаведеним довірчим інтервалом згідно регламенту. У випадку невідповідності розробити заходи для підвищення точності вимірювання до норми технологічного регламенту.

Визначення складових похибок вимірювання для такого комплексу здійснюється у наступній послідовності.

Межа основної похибки вторинного приладу Δ_1 у відповідності з його класом точності γ визначається за рівнянням:

$$\Delta_1 = \frac{\gamma \cdot X_N}{100}, \quad (4)$$

де X_N – нормоване значення шкали вторинного приладу.

Межі додаткових похибок вторинного приладу, що викликані впливом температури навколишнього середовища Δ_2 , зовнішнього магнітного поля Δ_3 та внаслідок коливання напруги живлення Δ_4 обчислюються за формулами:

$$\Delta_2 = \frac{\gamma_\Theta \cdot X_N}{100}; \quad (5)$$

$$\Delta_3 = \pm \Delta_1; \quad (6)$$

$$\Delta_4 = \frac{\Delta_1}{2}. \quad (7)$$

Межа основної похибки Δ_5 термоелектричного перетворювача визначається рівнянням [12]:

$$\Delta_5 = 0,0075\Theta, \quad (8)$$

де Θ – номінальне значення температури згідно регламенту, °С.

Приклад 2 (Базовий варіант №1). Необхідно оцінити сумарну похибку вимірювання рідкого аміаку у ресивері конденсатора холодильної установки під тиском $P=1,58$ МПа комплектом, що містить буйковий рівнемір типу «Сапфір-22ДУ» моделі 2640 з припустимою основною похибкою $\gamma_{\Pi} = \pm 1\%$ у відсотках від верхньої межі вимірювання та вторинного приладу типу РП-160-01 класу точності 0,5 із шкалою 0÷2

м. Припустимо відхилення показань приладу від номінального значення згідно регламенту складає $(1 \pm 0,21)$ м. Згідно НТД на вторинний прилад [11] похибка, що викликана зміною температури навколишнього середовища Θ_P від 20 °С до верхнього (нижнього) робочого значення не перевищує величини $\gamma_{\Theta 1}=0,025(\Theta_P-20)$. Температура Θ_P навколишнього середовища для умов експлуатації вторинного приладу та датчика рівня складає 30 °С. Зміна похибки, що викликана зовнішнім магнітним полем не перевищує $\pm 0,5\%$ від нормованого значення. Згідно НТД на «Сапфір-22ДУ» [12] похибка вимірювання в умовах зміни температури навколишнього повітря не перевищує на кожні 10 °С величини $\gamma_{\Theta 2}=(0,42+0,18\rho_{\max}/\rho_1)$. Для цієї моделі рівнеміра $\rho_{\max}=2000$ кг/м³, а $\rho_1=580$ кг/м³ для аміаку, рівень якого підлягає вимірюванню. Зміна значення вихідного сигналу, викликане зміною робочого тиску у діапазоні від нуля до межево припустимого і навпаки, що має відбиття у відсотках від зміни вихідного сигналу, не повинно перевищувати значення $\gamma_P=(0,4+0,5\rho_{\max}/\rho_1)$. При цьому межево припустима похибка γ_B , що викликана впливом вібрації не перевищує 2% для перетворювачів, що настроєні на густину рідини до 800 кг/м³. За відсутності методичних похибок зробити висновок щодо правильності вибору вимірювального комплексу. Також у разі невідповідності із заданим довірчим інтервалом розробити заходи для підвищення точності вимірювання рівня аміаку до норми технологічного регламенту.

Визначення складових похибок вимірювання здійснюється у такій послідовності.

Межа основної похибки вторинного приладу Δ_1 та загальної похибки буйкового рівнеміра Δ_5 у відповідності з їх класами точності γ визначається рівнянням (4). При цьому загальна похибка γ перетворювача рівня згідно стандарту розраховується за формулою [12]:

$$\gamma = \left[\gamma_{\Pi} + 0,1\gamma_{\Theta_2} (\Theta_P - 23) + \gamma_P \left(\frac{P}{6,3} \right) + \gamma_B \right], \quad (9)$$

де $P=1,6$ МПа – найбільший тиск у ресивері конденсатора.

Межі додаткових похибок вторинного приладу, що викликані впливом навколишнього середовища Δ_2 та зовнішнього магнітного поля Δ_3 , обчислюються за рівняннями:

$$\Delta_2 = \gamma_{\Theta_1} \cdot X_N / 100; \quad (10)$$

$$\Delta_3 = 0,5X_N / 100. \quad (11)$$

Додаткова похибка внаслідок коливання напруги живлення не нормується для цього вторинного приладу, тобто $\Delta_4=0$.

Вплив способів забезпечення точності вимірювання оцінювався коефіцієнтом ефективності K за наступним співвідношенням:

$$K = \frac{(\sigma_1 - \sigma_n)}{\sigma_1}. \quad (12)$$

Результати розрахунків за формулами (1,4–12) та перевірки умови (3) щодо відповідності обраних комплектів вимогам технологічного регламенту, а також досліджень для забезпечення умови (3) для вищенаведених прикладів зведені до табл. 1 і 2.

Таблиця 1 – Результати розрахунків та досліджень щодо визначення похибок вимірювального комплекту температури

Похибки основні та додаткові вимірювального комплекту Δ , °C	Варіанти наближення до норми довірчого інтервалу згідно вимог технологічного регламенту, п				
	№1	№2	№3	№4	№5
Основна похибка вторинного приладу Δ_1	± 3	± 3	± 3	$\pm 1,5$	± 2
Додаткова похибка вторинного приладу:					
Δ_2	$\pm 0,9$	$\pm 0,9$	$\pm 0,9$	$\pm 0,9$	$\pm 0,6$
Δ_3	± 3	± 3	± 3	$\pm 1,5$	± 2
Δ_4	$\pm 1,5$	$\pm 1,5$	$\pm 1,5$	$\pm 0,75$	± 1
Основна похибка датчика Δ_5	$\pm 5,25$	$\pm 2,8$	± 1	$\pm 5,25$	$\pm 1,75$
Загальна похибка комплекту, σ	$\pm 8,42$	$\pm 5,91$	$\pm 5,16$	$\pm 6,36$	$\pm 3,87$
Перевірка виконання умови (3)	$8,42 > 4$	$5,91 > 4$	$5,16 > 4$	$6,36 > 4$	$3,87 < 4$
Параметрична чутливість C	-	0,29	0,38	0,24	0,54

Таблиця 2 – Результати розрахунків та досліджень щодо визначення похибок вимірювального комплекту рівня

Похибки основні та додаткові вимірювального комплекту Δ_i , м	Варіанти наближення до норми довірчого інтервалу згідно вимог технологічного регламенту, п				
	№1	№2	№3	№4	№5
Основна похибка вторинного приладу Δ_1	$\pm 0,01$	$\pm 0,01$	$\pm 0,008$	$\pm 0,01$	$\pm 0,004$
Додаткова похибка вторинного приладу:					
Δ_2	$\pm 0,005$	$\pm 0,005$	$\pm 0,004$	$\pm 0,005$	$\pm 0,004$
Δ_3	$\pm 0,01$	$\pm 0,01$	$\pm 0,008$	$\pm 0,01$	$\pm 0,004$
Загальна похибка датчика Δ_5	$\pm 0,085$	$\pm 0,068$	$\pm 0,085$	$\pm 0,075$	$\pm 0,06$
Загальна похибка комплекту, σ	$\pm 0,095$	$\pm 0,077$	$\pm 0,094$	$\pm 0,084$	$\pm 0,067$
Перевірка виконання умови (3)	$0,095 > 0,07$	$0,077 > 0,07$	$0,094 > 0,07$	$0,084 > 0,07$	$0,067 < 0,07$
Коефіцієнт ефективності K	-	0,189	0,011	0,125	0,302

При цьому у табл. 1 у порівнянні з базовим варіантом відмінність наведених варіантів полягає у наступному: варіант №2 (термопара ТХА класу допуску 1) варіант №3 (термопара ТПП класу допуску 1), варіант №4 (вторинний прилад Альфалог-100 класу точності 0,25), варіант №5 (термопара ТПП класу допуску 2 і вторинний прилад Диск-250 з діапазоном вимірювання $600 \div 1000^{\circ}\text{C}$). У табл. 2 представлені варіанти у порівнянні з базовим варіантом забезпечуються відмінністю наступних складових: варіант №2 (перетворювач «Сапфір-22ДУ» з діапазоном вимірювання $0 \div 1,6$ м), варіант №3 (вторинний прилад РП-160 з діапазоном вимірювання $0 \div 1,6$ м), варіант №4 (перетворювач «Сапфір-22ДУ» класу точності 0,5), варіант №5 (перетворювач «Сапфір-22ДУ» класу точності 0,5 з діапазоном вимірювання $0 \div 1,6$ м, вторинний прилад Альфалог-100 класу точності 0,25 зі шкалою $0 \div 1,6$ м).

Аналіз результатів досліджень щодо можливості підвищення точності вимірювання комплектів за різних способів, наведених у табл. 1 і 2, свідчить, що найбільший вплив на точність забезпечується за рахунок заміни у їх складі первинних перетворювачів. Такий висновок підтверджується коефіцієнтами ефективності. При цьому заміна термopар з більш високим класом допуску (варіант №3, табл. 1) обумовлює коефіцієнт ефективності 0,38 у порівнянні з коефіцієнтом 0,248 у випадку заміни вторинного приладу з підвищеним класом точності (варіант №4, табл. 1). Ідентичний висновок спостерігається і у випадку зменшення діапазону вимірювання первинного перетворювача у порівнянні з діапазоном шкали вторинного приладу, що підтверджується коефіцієнтом ефективності 0,189 (варіант №2, табл. 2) і 0,011 (варіант №3, табл. 2). За таких обставин в першу чергу у випадку необхідності підвищення точності вимірювального комплекту слід розпочинати з первинного перетворювача, обираючи його або з більш низькою межею припустимої основної похибки або з меншим діапазоном вимірювання.

Висновки

Представлені результати досліджень щодо забезпечення точності контролю параметрів вимірювальним комплектом згідно вимог технологічних регламентів з метою визначення ефективності запропонованих способів її досягнення. Серед цих способів, як правило, застосовують такі як обрання засобів вимірювання з більш високим класом точності, зменшення діапазону вимірювання та усунення по можливості умов, що впливають на збільшення додаткових похибок. На конкретних прикладах доведено, що найбільша ефективність у підвищенні точності вимірювання технологічного параметру забезпечується способом, який передбачає збільшення точності вимірювання первинного перетворювача або зменшення його діапазону вимірювання.

Література

1. Положення про технологічні регламенти для виробництва продукції на підприємствах (в організаціях) хімічної промисловості. Керівний нормативний документ КНД 6-001-2000.

2. Метрологія. Типове положення про відомчі метрологічні служби. Р50-060-95. – К.: Держстандарт України, 1998.
3. Цюцюра С. В., Цюцюра В. Д. Метрологія, основи вимірювань, стандартизація та сертифікація: навч. посіб. – К.: Знання, 2006. – 242 с.
4. International vocabulary of metrology. Fourth edition. Joint Committee on Guides for Metrology (JCGM), 2021. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.bipm.org/documents/20126/54295284/VIM4_CD_210111c.pdf
5. Метрологічні вимоги до технологічних регламентів: методичні вказівки МУ №28-95. – Северодонецьк, 1995. – 30 с.
6. Raghavendra, N.V. Engineering metrology and measurements. Oxford University Press, 2013. 526 p.
7. Основи вимірювань і автоматизації технологічних процесів: підручник / А.К. Бабіченко, В.І. Тошинський, Ю.А. Бабіченко та ін.; за ред. А.К. Бабіченка. – Харків: Вид-во ТОВ «С.А.М.», 2009. – 616 с.
8. Основи метрології та вимірювальної техніки. Навчальний посібник / За заг. ред. Н.А. Яремчук. – К: Видавництво «Політехніка», 2012. – 266 с.
9. Збірник задач з метрології та основ вимірювань: навч. посіб. / А.К. Бабіченко, І.Л. Красніков, В.І. Вельма та ін.; за ред. А.К. Бабіченка. – Харків: Друкарня Мадрид, 2021. – 93 с.
10. Поліщук Є.С. та ін. Метрологія та вимірювальна техніка: підручник - М-во освіти і науки, молоді та спорту України, Нац. ун-т "Львівська політехніка"; 2-е вид., доп. та перероб. Львів : Вид-во Львівської політехніки, 2012. – 544 с.
11. Промислові засоби автоматизації. Ч. 2. Регулюючі і виконавчі пристрої: навч. посіб. / А.К. Бабіченко, В.І. Тошинський, М.О. Подустов та ін.; за ред. А.К. Бабіченка. – Харків: НТУ «ХПІ», 2003. – 658 с.
12. Промислові засоби автоматизації. Ч. 1. Вимірювальні пристрої: навч. посіб. / А. К. Бабіченко, В. І. Тошинський, М. О. Подустов та ін.; за ред. А. К. Бабіченка. – Харків: НТУ «ХПІ», 2001. – 470 с.

Bibliography (transliterated)

1. Polozhennia pro tekhnolohichni rehlementy dlia vyrobnytstva produktsii na pidpriemstvakh (v orhanizatsiiakh) khimichnoi promyslovosti. Kerivnyi normatyvnyi dokument KND 6-001-2000.
2. Metrolohiia. Typove polozhennia pro vidomchi metrolohiichni sluzhby. R50-060-95. – К.: Derzhstandart Ukrainy, 1998.
3. Tsiutsiura S. V., Tsiutsiura V. D. Metrolohiia, osnovy vymiriuvan, standartyzatsiia ta sertyfikatsiia: navch. posib. – К.: Znannia, 2006. – 242 p.
4. International vocabulary of metrology. Fourth edition. Joint Committee on Guides for Metrology (JCGM), 2021. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.bipm.org/documents/20126/54295284/VIM4_CD_210111c.pdf.
5. Metrolohiichni vymohy do tekhnolohichnykh rehlementiv: metodychni vkazivky MU №28-95. – Severodonetsk, 1995. – 30 p.

6. Raghavendra, N.V. Engineering metrology and measurements. Oxford University Press, 2013. 526 p.
7. Osnovy vymiriuvan i avtomatyzatsii tekhnolohichnykh protsesiv: pidruchnyk / A. K. Babichenko, V. I. Toshynskiy, Yu. A. Babichenko ta in.; za red. A. K. Babichenka. – Kharkiv: Vyd-vo TOV «S.A.M.», 2009. – 616 p.
8. Osnovy metrolohii ta vymiriuvalnoi tekhniki. Navchalnyi pidruchnyk / Za zah. red. N.A. Yaremchuk. – K: Vydavnytstvo «Politekhnik», 2012. – 266 p.
9. Zbirnyk zadach z metrolohii ta osnov vymiriuvan: navch. posib. / A. K. Babichenko, I. L. Krasnikov, V. I. Velma ta in.; za red. A. K. Babichenka. – Kharkiv: Drukarnia Madryd, 2021. – 93 p.
10. Polishchuk Ye.S. ta in. Metrolohii ta vymiriuvalna tekhnika: pidruchnyk - M-vo osvity i nauky, molodi ta sportu Ukrainy, Nats. un-t "Lvivska politekhnik"; 2-e vyd., dop. ta pererob. Lviv : Vyd-vo Lvivskoi politekhniky, 2012. – 544 p.
11. Promyslovi zasoby avtomatyzatsii. Ch. 2. Rehuliuiuchi i vykonavchi prystroi: navch. posib. / A. K. Babichenko, V. I. Toshynskiy, M. O. Podustov ta in.; za red. A. K. Babichenka. – Kharkiv: NTU «KhPI», 2003. – 658 p.
12. Promyslovi zasoby avtomatyzatsii. Ch. 1. Vymiriuvalni prystroi: navch. posib. / A. K. Babichenko, V. I. Toshynskiy, M. O. Podustov ta in.; za red. A. K. Babichenka. – Kharkiv: NTU «KhPI», 2001. – 470 p.

A. K. Бабіченко, к. техн. наук, професор, І. Л. Красніков, к. техн. наук, професор,
Я. О. Кравченко, PhD, доцент, С. Д. Деменкова, ст. викладач

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СПОСОБІВ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТІВ КЕРУВАННЯ

Встановлені норми і показники контролюємих параметрів технологічних процесів, представлення яких найчастіше забезпечується номінальним значенням з межево-припустимим відхиленням (довірчим інтервалом). Показано, що розділ контролю виробництва та керування процесу є одним з найважливіших частин технологічного регламенту. Окрема задача цього розділу суто метрологічна, що забезпечує підбір засобів вимірювання згідно вимог до перелічених вище показників та норм контролюємих параметрів. Відзначено, що найбільша складність такого підбору виникає при контролі технологічного параметру процесу із застосуванням вимірювального комплексу у складі первинного перетворювача, можливого проміжного перетворювача та вторинного приладу. При цьому згідно регламентованого стандарту визначення загальної похибки вимірювання за таких обставин здійснюється у передбачені, що найбільш ймовірним значенням параметру є лише один результат вимірювання, а складовими похибки результату вимірювання є абсолютні основна і додаткові (невиключені систематичні) похибки засобів вимірювання. Наведені рекомендації щодо обрання основної похибки, а саме у точці з номінальним або з тим межовим значенням, за якого похибка максимальна. Сформульована умова, за якої обрані засоби вимірювального комплексу з їх нормованими метрологічними характеристиками мають відповідати вимогам

технологічного регламенту. На конкретних прикладах досліджено ефективність різних методів підвищення точності вимірювань деяких технологічних параметрів, включаючи розрахунок коефіцієнта ефективності їх застосування. Це включає аналіз впливу як основних, так і додаткових похибок, що виникають під час вимірювань. Похибки розраховувалися на основі даних, наведених у нормативно-технічній документації на відповідні прилади, що дозволило точно оцінити їх вплив на загальну точність вимірювань. Доведено, що найбільша ефективність у підвищенні точності вимірювання технологічного параметра забезпечується за рахунок збільшення точності вимірювання первинного перетворювача або зниження його діапазону вимірювання.

Ключові слова: вимірювальний комплект, технологічний регламент, точність вимірювання, метрологічні параметри, об'єкт керування.

A. K. Babichenko, I. L. Krasnikov, Y. O. Kravchenko, S. D. Demenkova

STUDY OF THE EFFECTIVENESS OF METHODS FOR IMPROVING THE ACCURACY OF MEASUREMENTS OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF THE CONTROLLED OBJECT

The norms and indicators of controlled parameters of technological processes are established, which are most often represented by a nominal value with a maximum permissible deviation (confidence interval). It is shown that the section on production control and process management is one of the most important parts of the technological regulations. A separate task of this section is purely metrological, which ensures the selection of measuring instruments in accordance with the requirements for the above indicators and norms of the controlled parameters. It is noted that the greatest difficulty in such selection arises when controlling a process parameter using a measuring set consisting of a primary converter, a possible intermediate converter and a secondary instrument. At the same time, according to the regulated standard, the determination of the total measurement error in such circumstances is carried out in the assumption that the most probable value of the parameter is only one measurement result, and the components of the measurement result error are the absolute basic and additional (non-excluded systematic) errors of the measuring instruments. Recommendations are given on the choice of the main error, namely, at the point with the nominal or the limit value at which the error is maximum. A condition is formulated under which the selected measuring instruments with their standardised metrological characteristics must meet the requirements of the technological regulations. The effectiveness of various methods of improving the accuracy of measurements of some technological parameters is investigated on specific examples, including the calculation of the efficiency factor of their application. This includes an analysis of the impact of both basic and additional errors that occur during measurements. The errors were calculated on the basis of the data provided in the regulatory and technical documentation for the relevant devices, which made it possible to accurately assess their impact on the overall measurement accuracy. It is proved that the greatest efficiency in improving the measurement accuracy of a process parameter is provided by increasing the measurement accuracy of the primary converter or reducing its measurement range.

Keywords: measuring set, technological regulation, measurement accuracy, metrological parameters, control object.