

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-90>

## COMPARISON OF THE METHODS FOR DETERMINING THE PARAMETERS OF CONTROLLED PROCESS

## ПОРІВНЯННЯ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

**Koifman O.O.**

*PhD (Engineering),  
Associate Professor, LLC "Technical  
university "Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Койфман О.О.**

*к.т.н., доцент,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Miroshnychenko V.I.**

*PhD (Engineering),  
Associate Professor, LLC "Technical  
university "Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Мірошніченко В.І.**

*к.т.н., доцент,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Vinkovskyi M.S.**

*student (group 151-22-1m),  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Вінковський М.С.**

*студент (гр. 151-22-1м),  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Isaiev A.B.**

*Senior Lecturer,  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine;  
SHEE "Pryazovsky State  
Technical University",  
Dnipro, Ukraine*

**Ісаєв А.Б.**

*старший викладач,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна;  
ДВНЗ «Приазовський державний  
технічний університет»,  
м. Дніпро, Україна*

Налаштування та налагодження систем автоматичного регулювання технологічних параметрів ґрунтується на відомих параметрах об'єкту керування (ОК), що характеризують його основні властивості: взаємозв'язок між вихідним та вхідним параметрами ( $K_{об}$ ), запізнення реакції об'єкта керування на збурення ( $\tau_{об}$ ), інерційність об'єкта керування ( $T_{об}$ ).

В процесі функціонування технологічного агрегату поступово змінюються його експлуатаційні характеристики. Наприклад, знос футерування робочого простору нагрівальної печі призводить до збільшення втрати теплоти, яке, у свою чергу, безпосередньо впливає на оптимальне регулювання температури в зонах. Ці зміни повинні бути враховані періодичним налаштуванням регуляторів відповідних технологічних параметрів.

Сучасні локальні системи автоматичного регулювання переважно обладнані контролерами та програмними засобами з функцією налаштування регуляторів в автоматичному режимі, що дозволяє персоналу не заглиблюватись у ідентифікацію ОК. Недоліком цього заходу є суттєва тривалість обчислень та забезпечення працездатності системи лише у вузькому діапазоні регулювання. Незважаючи на широке, зумовлене зручністю, використання автоматичного налаштування промислових регуляторів, залишається багато невирішених проблем, пов'язаних з якістю налаштування системи регулювання, зміною параметрів ОК та зовнішніх збурень в процесі ідентифікації, а також забезпеченням потрібних показників якості процесів регулювання.

Метою цього дослідження є аналіз методів ідентифікації (визначення параметрів  $K_{06}$ ,  $\tau_{06}$ ,  $T_{06}$ ) ОК для виявлення найменшої статичної помилки.

Найпоширенішим експериментом для ідентифікації ОК є отримання його реакції на вхідний ступінчастий вплив – кривої розгону (КР), що використовується для визначення моделі процесу в технологічних додатках у межах амплітуди кроку.

Аналіз вітчизняних і закордонних джерел [1, 2] дозволяє розділити методи визначення параметрів ОК на наступні групи:

1. Інженерний метод – визначення точки перегину (максимальна швидкість зміни параметру), побудова дотичної та графічне визначення декількома способами значень параметрів для аперіодичної ланки першого порядку та аперіодичної ланки другого порядку.

2. Методи визначення реакції об'єкта у одній або двох точках: метод 0,632; метод точок 0,1..0,15 та 0,8..0,85; метод точок 0,283 та 0,632; метод точок 0,25 та 0,75; метод точок 0,353 та 0,853.

3. Апроксимації КР аперіодичними ланками першого та другого порядку із запізненням та без нього.

4. Бібліотеки Python [3] для розв'язування задач керування.

5. Визначення параметрів ОК з використанням нейронної мережі (MATLAB).

У дослідженні з використанням вищезазначених методів опрацьовано більш ніж п'ятдесят емпірично отриманих кривих розгону технологічних процесів, які можна представити аперіодичним ОК, наприклад, регулювання температури або тиску у зоні нагрівальної печі, загальної витрати газу на опалення агрегату тощо.

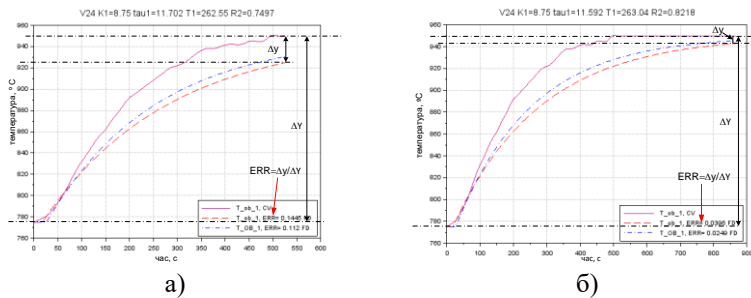
Перевірка адекватності отриманих результатів здійснювалась:

– моделюванням КР числовими методами для аперіодичних ланок першого порядку із запізненням або аперіодичної ланки другого порядку;

– моделюванням КР з використанням вбудованих можливостей математичних пакетів MATLAB (Simulink) та Scilab (Xcos).

Для кількісної оцінки адекватності було обрано величину достовірності апроксимації  $R^2$  та статичну помилку (рис. 1) – залишкове відхилення параметра при досягненні сталого значення. Для інженерних розрахунків в сфері автоматизації прийнято допустимий розмір похибки до 5%.

Для результатів дослідження значення  $R^2$  варіюється від 0,85 до 0,99, в залежності від обраного методу визначення параметрів. Аналіз отриманих результатів показав, що немає єдиного універсального методу, використовуючи який можна отримати адекватні параметри ОК для кожної кривої розгону з досліджуваної вибірки. В деяких методах визначений час запізнення перевищує час запізнення вхідної кривої розгону, квадрат похибки та статична помилка мають низькі значення.



**Рис. 1. Вплив кількості значень кривої розгону, змодельованої на підставі інженерного методу, на величину статичної помилки: а) 61 значення, б) 100 значень**

Додатково встановлено вплив на якість отриманих результатів кількості значень кривої розгону, змодельованої з використанням визначених за певним методом параметрів ОК (рис. 1).

Для формування цілісної картини в подальшому буде визначено вплив ступеня та типу згладжування вхідних даних на зменшення квадрату похибки та статичної помилки, розроблено алгоритм для визначення точки перегину КР; визначено параметр оцінки якості результатів моделювання; розроблено алгоритм визначення параметрів об'єкту на працюючому агрегаті / технологічному процесі; досліджено вплив отриманих параметрів ОК на налаштування регулятора та якість перехідних процесів.

В наявних на виробництві системах автоматизованого управління реалізація автоматичного визначення параметрів об'єкту керування дозволить підвищити ефективність роботи системи та, відповідно, технологічного агрегату за рахунок більш якісного онлайн налаштування контурів регулювання.

#### **Перелік використаних джерел**

3. Corripio A. B. Tuning of industrial control systems. 2nd ed. ISA–The Instrumentation, Systems, and Automation Society, 2001. 252 p.
4. Lipták B. G. INSTRUMENT ENGINEERS' HANDBOOK. 4th ed. Taylor & Francis Group : CRC Press, 2006. Vol. 2 : Process Control and Optimization. 2304 p.
5. A Python library for solving textbook control problems ed. North Carolina. URL: <https://github.com/alchemyst/Dynamics-and-Control>