

УДК : 681.5.015

**Бобух А. О., к.т.н., проф., Переверзєва А. М., аспірант.,
Подустов М. О., д.т.н., проф., Дзевочко О. М., к.т.н., доц.**
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

ЗАСТОСУВАННЯ РЕКУРСИВНИХ МЕТОДІВ ДЛЯ ОЦІНКИ ПАРАМЕТРІВ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА СОДИ

Анотація Виконано аналіз двох методів фільтрації на прикладі енергозатратного параметру комп'ютерно-інтегрованої технології регенерації газів із розчинів та насиченням ними очищеного розсолу виробництва кальцинованої соди. Отримані результати фільтрування доцільно використовувати при розробці енергозберігаючих комп'ютерно-інтегрованих технологій виробництва кальцинованої соди в цілому з використанням сучасних багатоканальних МПК із високонадійним програмним забезпеченням.

Ключові слова: комп'ютерно-інтегровані технології, рекурсивні методи, методи фільтрації, метод ковзного середніх, метод змінного середніх.

Аннотация Выполнен анализ двух методов фильтрации на примере энергозатратного параметра компьютерно-интегрированной технологии регенерации газов из растворов и насыщением ими очищенного рассола производства кальцинированной соды. Полученные результаты фильтрации целесообразно использовать при разработке энергосберегающих компьютерно-интегрированных технологий производства кальцинированной соды в целом с использованием современных многоканальных МПК с высоконадёжным программным обеспечением.

Ключевые слова: компьютерно-интегрированные технологии, рекурсивные методы, методы фильтрации, метод скользящего средних, метод изменения среднего.

Abstract The analysis of two filtration methods is carried out on the example of the energy-consuming parameter of the computer-integrated technology of gas regeneration from solutions and saturation of the purified brine of the soda ash production. The obtained filtration results are expedient for using in the development of energy-saving computer-integrated technologies for the production of calcined soda as a whole with the use of modern multichannel IPC with highly reliable software.

Keywords: computer-integrated technologies, recursive methods, filtration methods, moving average method, mean change method.

Багатоелементна технологія виробництва кальцинованої соди за аміачним способом (ВКС) характеризується складною схемою матеріальних потоків, що протікають в основному через апарати колонного типу, наявністю великої кількості послідовно-паралельних зв'язків між апаратами, існуванням циклів матеріальних потоків, нестационарністю характеристик апаратурного оформлення, відсутністю зручних для управління залежностей вхідних та вихідних параметрів технологічного режиму, значними втратами

виробництва із-за його порушення, а також відноситься до одної із найбільших споживачів паливно-енергетичних ресурсів [1].

Аналіз багатоеlementної технології ВКС як технології управління дає можливість зробити висновок про декомпозицію загальної задачі управління ВКС на задачі управління окремими технологіями [2]. Цей висновок витікає із того, що практично будь-яке відхилення від норм технологічного режиму в елементі будь-якої із технологій, на кожний із яких діє велике число збурень, тягне за собою порушення роботи всієї технології ВКС. Підвищення ефективності функціонування технології ВКС нерозривно пов'язане з покращенням якості управління даного виробництва на підставі застосування комп'ютерно-інтегрованої технології, оскільки описані вище особливості цього виробництва пред'являють до якості управління жорсткі вимоги.

Однією із основних технологій ВКС є комп'ютерно-інтегрована технологія (КІТ) регенерації газів із розчинів та насиченням ними очищеного розсолу ВКС. При розробці КІТ регенерації газів із розчинів та насиченням ними очищеного розсолу виникає задача, що пов'язана з фільтруванням отриманих значень вимірюваних вихідних сигналів перетворювачів з метою виділення з них дійсних (згладжених) значень параметрів та оперативного управління ними [3].

При наявності мікропроцесорних контролерів (МПК) фільтрування вимірюваних сигналів від перетворювачів може здійснюватися за допомогою спеціальних алгоритмів дискретного фільтрування. При цьому різні методи фільтрування дають, з одного боку, неоднакову похибку отримання згладжених сигналів, а з іншого, їх реалізація на МПК може привести до різної завантаженості елементів обчислювальних пристроїв. В якості критерію фільтрування обрана величина ε^2 [4], яка визначається за формулою:

$$\varepsilon^2 = M[Z(t) - \hat{X}(t)]^2, \quad (1)$$

де M – математичне очікування; $Z(t)$ – вимірювальний сигнал; $\tilde{X}(t)$ – згладжений сигнал на виході фільтра.

Фільтрування параметрів КІТ регенерації газів із розчинів та насиченням ними очищеного розсолу ВКС необхідно здійснювати таким чином, щоб мінімізувати критерій фільтрування ε^2 .

Вибір саме цієї величини в якості критерію фільтрування обумовлений насамперед тим, що такий критерій відповідає необхідним умовам за критерієм Калмана [4] і він знаходить досить широке застосування при вирішенні задач фільтрування [5].

За допомогою критерію ε^2 був проведений аналіз двох методів фільтрування вимірюваних значень параметрів: ковзного середнього та зваженого середнього [6–8].

Особливістю алгоритму фільтрування методом ковзного середнього [6] є те, що розрахунок значень крайніх (першої та останньої) точок масиву, що згладжуються проводиться за формулами (2), (3), де кількість точок за якими проводиться згладжування дорівнює трьом.

$$\tilde{X}_1 = \frac{1}{6}(5X_1 + 2X_2 - X_3), \quad (2)$$

$$\tilde{X}_N = \frac{1}{6}(-X_{N-2} + 2X_{N-1} + 5X_N), \quad (3)$$

де N – число точок вихідного масиву.

Особливістю алгоритму фільтрування методом зваженого середнього [6] є те, що розрахунок крайніх (першої та останньої) точок масиву, що згладжується проводиться за формулами:

$$\tilde{X}_1 = \frac{2X_1 + X_2}{3}, \quad (4)$$

$$\tilde{X}_N = \frac{X_{N-1} + 2X_N}{3} \quad (5)$$

Можливість застосування наведених методів фільтрування для розрахунку згладжених значень параметрів КІТ регенерації газів із розчинів та насиченням ними очищеного розсолу ВКС була перевірена стосовно одного із найбільш енергозатратних параметрів для цієї КІТ – витрати пари, ($F, m/год$). Значення параметру були взяті за одну робочу зміну (8 год.).

Проведені розрахунки за цими методами наведені в табл. 1.

Побудовані графіки зміни значень витрати пари $F, m/год$, що вимірюється та згладжується за двома методами показані на рис. 1.

Таблиця 1 – Розрахунки згладжених значень параметру за методами ковзного та зваженого середніх

Годи роботи	Значення параметру (витрата пари, $F, m/год$)	Метод ковзного середнього		Метод зваженого середнього	
		Розрахунок	Згладжені значення параметру	Розрахунок	Згладжені значення параметру
1	32	$(5 \cdot 32 + 2 \cdot 27 - 33)/6$	30,2	$(2 \cdot 32 + 27)/3$	30,3
2	27	$(0 + 2 \cdot 32 + 5 \cdot 27)/6$	33,2	$(32 + 2 \cdot 27)/3$	28
3	33	$(-32 + 2 \cdot 27 + 5 \cdot 33)/6$	31,2	$(27 + 2 \cdot 33)/3$	31
4	36	$(-27 + 2 \cdot 33 + 5 \cdot 36)/6$	36,5	$(33 + 2 \cdot 36)/3$	35
5	40	$(-33 + 2 \cdot 36 + 5 \cdot 40)/6$	39,8	$(36 + 2 \cdot 40)/3$	38,6
6	35	$(-36 + 2 \cdot 40 + 5 \cdot 35)/6$	36,5	$(40 + 2 \cdot 35)/3$	36,6
7	37	$(-40 + 2 \cdot 35 + 5 \cdot 37)/6$	35	$(35 + 2 \cdot 37)/3$	36,3
8	42	$(-35 + 2 \cdot 37 + 5 \cdot 42)/6$	41,6	$(37 + 2 \cdot 42)/3$	40,3

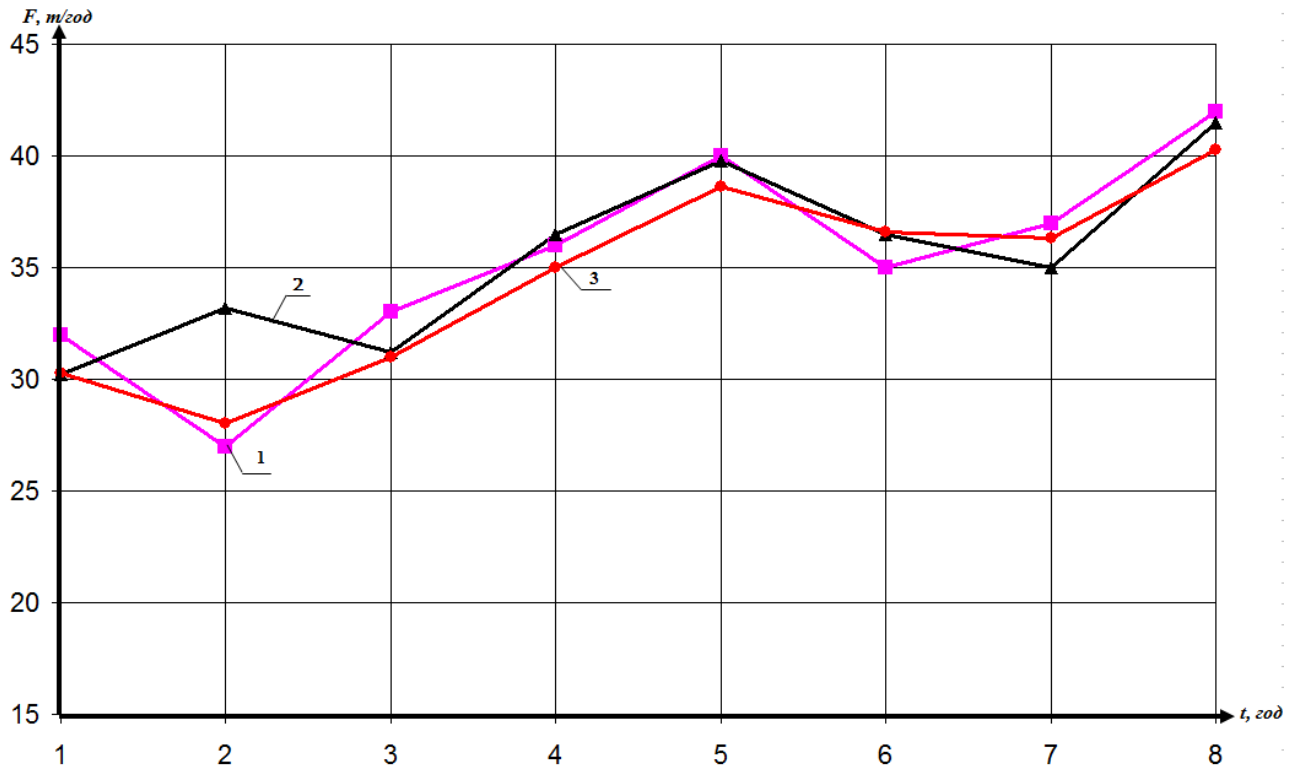


Рисунок 1 – Графіки зміни значень витрати пари F , $t/год$, що вимірюється (1) й згладжується за методом ковзного (2) та змінного (3) середніх

При порівнянні графіків (рис. 1) зміни значень витрати пари F , $t/год$, що вимірюється (1) й згладжується за методом ковзного (2) та змінного (3) середніх, отримано те, що метод змінного середнього дозволяє отримати більш високу точність згладжування параметру, ніж за методом ковзного середнього.

Отримані результати фільтрування на прикладі енергозатратного параметру КІТ регенерації газів із розчинів та насиченням ними очищеного розсолу ВКС доцільно використовувати при розробці енергозберігаючих КІТ як цієї технології так і ВКС в цілому з використанням сучасних багатоканальних МПК із високонадійним програмним забезпеченням.

Список литературы

1. Зайцев И. Д. Производство соды / И. Д. Зайцев, Г. А. Ткач, Н. Д. Стоев. – М.: Химия. – 1984. – 312 с.
2. Бобух А. А. Компьютерно–интегрированные системы управления объектами отрасли на примере производства кальцинированной соды по аммиачному способу / А. А. Бобух, А. М. Дзевочко, М. А. Подустов. – Х. : Изд-во «Підручник НТУ «ХПІ»». 2015. – 92 с. – На рус. яз.
3. Бобух А. А. Оценка некоторых параметров объектов производства соды рекурсивными методами [Текст] / А. А. Бобух, М. А. Подустов, Д. А. Ковалев, А. Н. Переверзева // Вісник НТУ «ХПІ». – Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія. Харків : НТУ «ХПІ». – 2014. №51(1093). – С. 11–17.
4. Ingvar Strid «Block Kalman Filtering for Large-Scale DSGE Models» / Ingvar Strid, Karl Walentin // Computational Economics (Springer), 2009. – Т.33(3) – Р. 277–304.
5. Кулиш У. Достоверные вычисления. Базовые численные методы : пер. с англ. / У. Кулиш, Д. Рац, Р. Хаммер, М. Хокс. – М.: РХД, 2005. – 495 с.
6. Дуброва Т. А. Статистические методы прогнозирования / Т. А. Дуброва. – М. : ЮНИТИ, 2003. – 204 с.
7. Лукашин Ю.П., Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов / Ю.П. Лукашин. – М.: Финансы и статистика, 2003.– 416 с.
8. Стрижов В.В. Методы выбора регрессионных моделей / В.В.Стрижов, Е.А Крымова. – М.: ВЦ РАН, 2010.– 60 с.