

УДК 681.513.2

<sup>1</sup>Рязанцев О.І., <sup>1</sup>Кардашук В.С., <sup>2</sup>Бортник К.Я.<sup>1</sup>Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля<sup>2</sup>Луцький національний технічний університет

## ЗАСТОСУВАННЯ ПРОГРАМНОЇ БІБЛІОТЕКИ АЛГОРИТМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ ПРОМИСЛОВОЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ

**Рязанцев О.І., Кардашук В.С., Бортник К.Я. Застосування програмної бібліотеки алгоритмічних елементів для проектування технологічних схем промислової автоматизації.** Розглянуто застосування програмної бібліотеки алгоритмічних елементів для проектування технологічної схеми та програмного забезпечення автоматизації виробництва вінілхлориду. Проведена декомпозиція технологічного процесу на підсистеми та визначений перелік програмних модулів, необхідних для реалізації функцій керування. Запропоновані програмно-апаратні засоби реалізації системи керування. Наведені переваги використання модернізованої системи.

**Ключові слова:** програмна бібліотека алгоритмічних елементів, технологічна схема, система керування, програмно-логічний контролер, цифровий регулятор.

**Рязанцев А.И., Кардашук В.С., Бортник К.Я. Применение программной библиотеки алгоритмических элементов для проектирования технологических схем промышленной автоматизации.** Рассмотрено применение программной библиотеки алгоритмических элементов для проектирования технологической схемы автоматизации производства винилхлорида. Проведена декомпозиция технологического процесса на подсистемы и определен перечень программных модулей, необходимых для реализации системы управления. Предложены программно-аппаратные средства реализации системы управления. Приведены преимущества использования модернизированной системы.

**Ключевые слова:** программная библиотека алгоритмических элементов, технологическая схема, система управления, программно-логический контролер, цифровой регулятор.

**Ryazantsev A.I., Kardashuk V.S., Bortnyk K.Y. The automation system of process control the production of gelatine.** The application of the program library of algorithmic elements for design automation of technological production scheme of vinyl chloride. Spend the decomposition process in the sub-system and a list of software modules necessary for the implementation of the management system. Proposed software and hardware implementation of the management system. The advantages of using the upgraded system.

**Keywords:** software library of algorithmic elements, flow chart management system, software and logic controller, digital regulator.

**Актуальність проблеми.** Сучасні тенденції розвитку підприємств хлорорганічного синтезу характеризуються широким використанням потенційно небезпечних технологій та виробництв. Однією з пріоритетних задач промислової екології є кваліфікована переробка хлорорганічних відходів виробництва і споживання, а застосування в автоматизації технологічних процесів досягнень в галузі програмно-технічних засобів (ПТЗ) є одним із головних напрямків удосконалення діючих виробництв. Робота з модернізації системи автоматичного керування (САК) технологічного процесу (ТП) виробництва вінілхлориду проводилася в рамках науково-технічної програми співпраці між кафедрою комп'ютерної інженерії Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля та науково-виробничим підприємством «Уніконт» (м. Северодонецьк), що займається розробкою і впровадженням програмно-логічних контролерів (ПЛК) і робочих станцій (РС) для інформаційних систем та САК ТП різноманітного призначення [1].

**Аналіз досліджень об'єкта керування.** Аналіз технологічного процесу виробництва вінілхлориду показав необхідність модернізації існуючого виробництва, застосування ПЛК з необхідним набором засобів контролю з метою керування параметрами температури, вібрації та концентрації хімічних продуктів CO, CO<sub>2</sub>, HCl, Cl<sub>2</sub>. За результатами дослідження виконана декомпозиція об'єкта керування, для розроблення програмного забезпечення системи визначений перелік вхідних та вихідних сигналів, визначені функції системи. Для прискорення процесу створення САК слід скористатись інструментальними засобами проектування технологічних схем ТП, що включає застосування програмної бібліотеки алгоритмічних елементів.

**Рішення задачі.** Дворівнева САК ТП виробництва вінілхлориду є складовою частиною системи утилізації відходів хлорорганічного синтезу [2] та призначена для підвищення екологічної безпеки хімічного підприємства, забезпечення технічного персоналу оперативною інформацією про стан процесу з метою подальшого прийняття рішень щодо зміни керуючих впливів при відхиленні параметрів від технологічного регламенту (рис. 1).

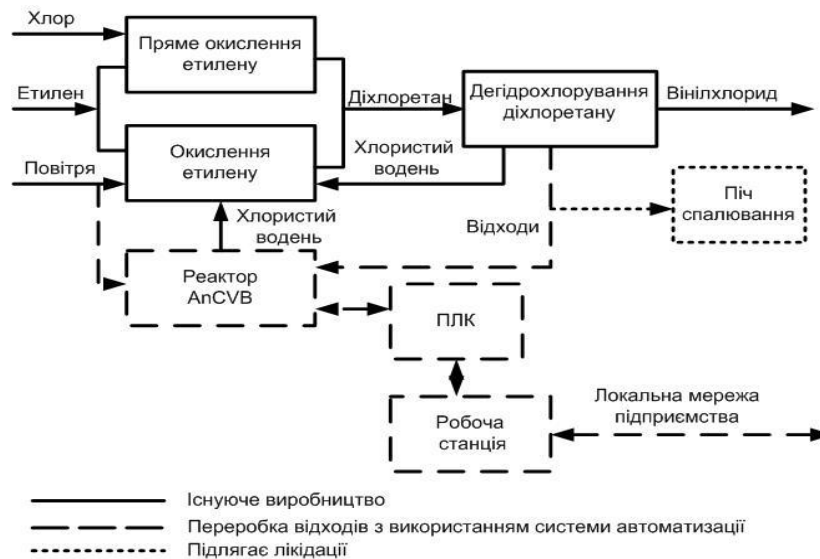


Рис. 1. Структурна схема модернізованої системи виробництва вінілхлориду

Переваги впровадження модернізованої системи виробництва вінілхлориду з використанням ПЛК полягає в тому, що повністю ліквідується піч спалювання, яка є джерелом шкідливих викидів незв'язаного хлору для здоров'я людини та навколишнього середовища продуктами згорання відходів.

Модернізована САК є програмно-технічним комплексом, який складається з технічних засобів та програмного забезпечення і забезпечує автоматизацію керування та контроль стану вихідних параметрів (концентрацією CO, CO<sub>2</sub>, HCl, Cl<sub>2</sub>). Керування процесом на нижньому рівні здійснюється за допомогою ПЛК з необхідним набором апаратних та програмних модулів, який забезпечує збір, первинну обробку інформації та видачу сигналів керування [3].

У відповідності з загальноприйнятими концепціями побудови САК при розробленні були враховані модульність, ієрархічність, інформаційна сумісність форматів даних, що дозволяє використовувати ПЛК та робочі станції різних виробників програмно-технічних засобів.

Одним із методів прискорення проектування схем промислової автоматизації є застосування інструментальних засобів на базі програмної бібліотеки алгоритмічних елементів.

Запропонована система проектування технологічних схем керування використовує графічний редактор PC-CAPS з пакету PCAD фірми Altium та програмні модулі, що описують роботу цих елементів.

Розроблена на базі графічного редактора програмна бібліотека основних алгоритмічних елементів містить 130 елементів та складається з наступних складових частин:

1. Комбінаційні логічні елементи. До цієї групи входять елементи, що виконують основні логічні операції (додавання, множення, інверсії і т.п.), а також шифратори, дешифратори, мультиплексори, демультіплексори, елементи порівняння та ін.
2. Елементи послідовного типу – тригери різноманітних типів, лічильники, регістри, елементи затримки.
3. Динамічні елементи – елементи пропорційності, інтегрування, диференціювання, фільтри з можливістю налаштування.
4. Статичні елементи – елементи виконання математичних операцій додавання, віднімання, ділення та ін.
5. Елементи нелінійності – порогові елементи та елементи релейної автоматики.
6. Перемикачі на 2, 4, 8 входів та різноманітні комутатори.
7. Елементи регулювання – елементи для реалізації основних законів керування ПІ, ПД, ПІД та ін.

Крім основної бібліотеки, додаткова бібліотека містить елементи роботи з модулями зв'язку з об'єктом, такі як, наприклад, модулі формування дискретних сигналів, аналогово-цифрові перетворювачі та ін. Всі розроблені елементи модулів зв'язку з об'єктом мають діагностичні виходи, що дозволяє системі контролювати стан їх працездатності.

Для побудови технологічних схем керування підсистемою температури, вібрації, кранами подачі компонентів визначені необхідні елементи програмної бібліотеки алгоритмічних елементів.

Покажемо застосування програмної бібліотеки алгоритмічних елементів на прикладі підсистеми керування температурою ТП [4]. В замкнутій одноконтурній підсистемі керування температурою керуючий вплив ліквідує відхилення вихідної величини від заданого значення (рис. 2).

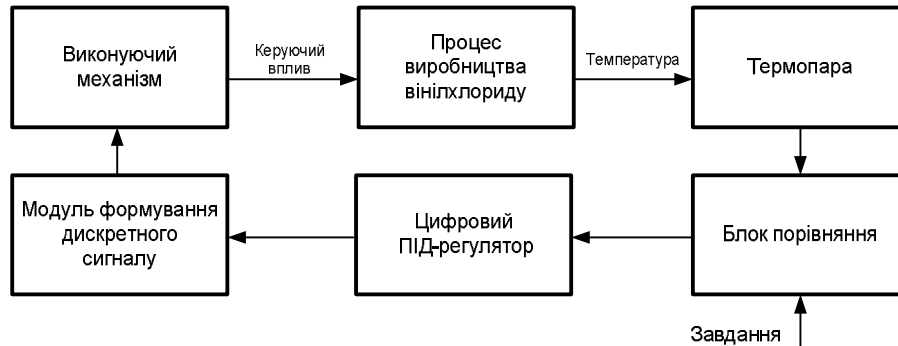


Рис. 2. Структурна схема керування підсистемою температури

Така система представляє собою замкнутий контур, який утворюється об'єктом керування та керуючим органом (система зі зворотнім зв'язком), забезпечує високу точність керування та є поширеним типом САК.

ПІД-регулятор при відхиленні величини температури від заданого параметру Тзд, видає сигнал відхилення  $\Delta T$  та впливає на регулюючий орган пропорційно відхиленню величини, що регулюється, інтегралу цього відхилення і швидкості зміни відхилення [5]:

$$y(t) = K_{II} \left[ x(t) + \frac{1}{T_I} \int x(t) dt + T_D \frac{dx(t)}{dt} \right] \quad (1)$$

Передавальна функція ПІД-регулятора:

$$W_{PID}(p) = K_{II} \left( 1 + \frac{1}{T_I p} + T_D p \right) \quad (2)$$

Цифрові ПІД-регулятори, що реалізують дискретну форму рівняння (2), за можливостями налаштування є більш універсальними порівняно з іншими регуляторами.

В динамічному відношенні розроблений цифровий ПІД-регулятор (рис. 3) представляє собою паралельно з'єднані пропорційну, інтегральну та диференціальну ланки, структурну схему якого наведено на рис. 4.

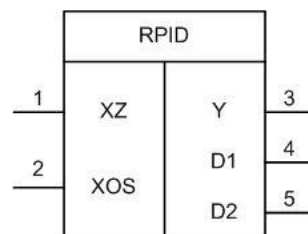


Рис. 3 – Умовне графічне зображення ПІД-регулятора

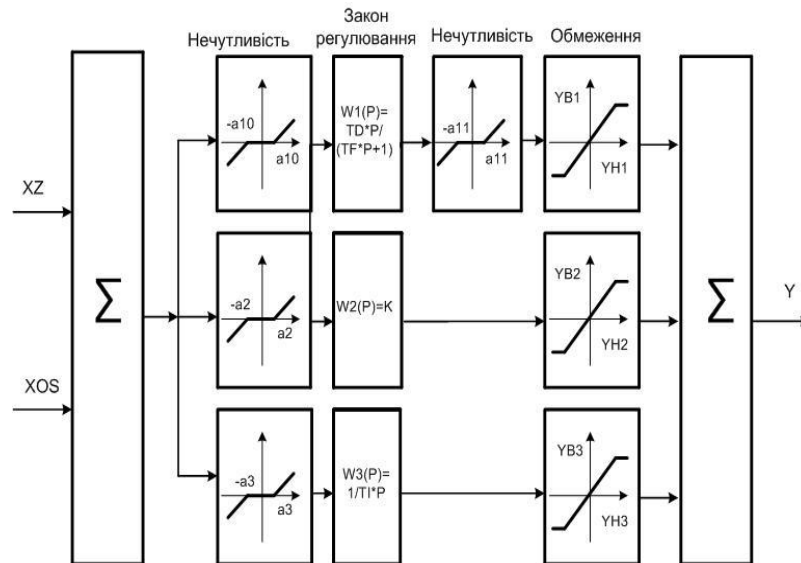


Рис. 4. Структура цифрового ПІД-регулятора

При розробленні програмного забезпечення цифрового ПІД-регулятора (модуль RPID) враховано, що величина керування обмежена певним діапазоном. Призначення елементів та параметри налаштування модуля RPID наведені в табл. 1 та 2.

Таблиця 1 – Призначення елементів модуля RPID

Позначення	Вид	Призначення
XZ	Вхід	Аналоговий вхід завдання.
XOS	Вхід	Аналоговий вхід зворотного зв'язку.
Y	Вихід	Аналоговий вихід регулятора.
D1	Вихід	Дискретний вихід ознаки нижньої межі.
D2	Вихід	Дискретний вихід ознаки верхньої межі.

Таблиця 2– Параметри налаштування програмного модуля RPID

Позначення	Найменування
T	Крок (період) дискретизації (200 мс).
YH0, YB0	Нижнє та верхнє граничні значення вихідної величини.
a10, a11	Параметр "зони нечутливості" по каналу диференціювання.
Td	Постійна часу диференціювання.
Tf	Постійна часу фільтру.
NNUd, NNUf	Початкові значення диференційної складової та складової фільтру - NNUd=0, NNUf=0.
YH1, YB1	Граничні значення диференційної складової YH1=-32000, YB1=32000.
a2	Параметр "зони нечутливості" по каналу пропорційності.
Kc2, Kz2	Коефіцієнт пропорційності закону регулювання = Kc2/Kz2.
YH2, YB2	Граничні значення пропорційної складової YH2=-32000, YB2=32000.
a3	Параметр "зони нечутливості" по каналу інтегрування.
Ti	Постійна часу інтегрування.

N <sub>ui</sub>	Початкове значення інтегральної складової N <sub>Ui</sub> =0.
Y <sub>H3</sub> , Y <sub>B3</sub>	Граничні значення інтегральної складової Y <sub>H3</sub> =-32000 Y <sub>B3</sub> =32000.

При стрибкоподібній зміні відхилення величини температури цифровий ПІД-регулятор в початковий момент часу здійснює вплив на регулюючий орган (спрацьовує диференційна частина регулятора). Потім величина впливу падає до значення, яке визначається пропорційною частиною, після того, як в регуляторі поступово починає впливати астатична частина регулятора.

Параметрами налаштування цифрового ПІД-регулятора є коефіцієнт пропорційності K<sub>п</sub>, постійна часу інтегрування T<sub>І</sub> і постійна часу диференціювання T<sub>Д</sub> (табл. 4).

Таблиця 3 – Параметри налаштування цифрового ПІД-регулятора температури

Найменування параметру	Значення
Коефіцієнт пропорційності, K <sub>п</sub>	2,8
Постійна часу інтегрування, T <sub>І</sub>	2000
Постійна часу диференціювання, T <sub>Д</sub>	28
Зона нечутливості, °С	± 3
Завдання температури, °С	600

Для перевірки роботи підсистеми температури під керуванням цифрового ПІД-регулятора проведено розроблення програмного забезпечення імітатора температури. Для розроблення імітатора температури асимптотична температура розраховувалась по формулі:

$$T_0 = \frac{1500 \cdot P1 + 600}{P1 + 30}, \quad (3)$$

де – P1 - % впливу виконавчого пристрою.

Обраний такт роботи системи складає 200 мс. Час опитування датчиків становить 1 с, тобто 5 тактів роботи системи.

Зміна температури фіксувалась через проміжки часу 2 с (10 тактів роботи системи) та розраховувалась по формулі:

$$DP1 = \frac{(|P1 - 30| + 30) \cdot (T_0 - T_2)}{3000}, \quad (4)$$

де – T<sub>2</sub> – перше значення з масиву температур (тобто 2 с назад).

При моделюванні температури час виходу на номінальне значення температури (600°С) від початкового (20°С) склав 20 хвилин.

Для керування кранами подачі вхідних компонентів розроблена технологічна схема, що містить програмні компоненти бібліотеки (рис. 6).

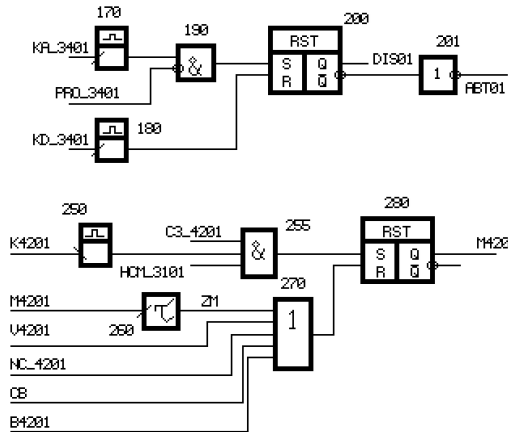


Рис. 6. Схема автоматів керування кранами подачі вхідних компонентів

Для кожного виконавчого пристрою розроблена мнемосхема керування, яка включає елементи та виконавчі органи такі як найменування та номер крану, можливість установки режимом керування та ін. (рис. 7).

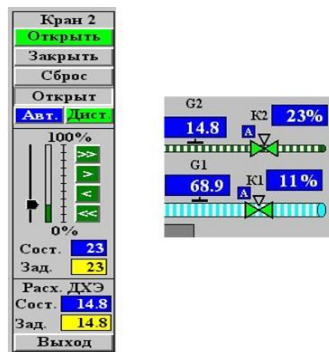


Рис. 7. Фрагменти мнемосхем керування виконавчими пристроями

При видачі дискретного сигналу для керування виконавчими пристроями (рис. 8) в програмний модуль MFDCZD заносить відповідний код каналу та проводиться діагностика модулю (вихід DDIA → логічна "1").

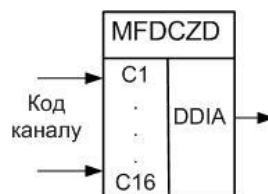


Рис. 4.6. Видача дискретного сигналу

Після генерації системи з підключеними необхідними програмними модулями програма функціонування завантажується у пам'ять ПЛК.

**Висновки.** Запропонована програмна бібліотека алгоритмічних елементів для проектування схем технологічного процесу виробництва вінілхлориду значно прискорює створення програмного забезпечення функціонування системи, завантаження програми функціонування в ПЛК та впровадження розробленої системи у виробництво. Наявність різноманітних елементів програмної бібліотеки дозволяє швидко та зручно змінювати алгоритми роботи системи. Основні теоретичні положення і результати розробленої АСК ТП виробництва вінілхлориду перевірялись з використанням програмних засобів на базі операційної системи реального часу QNX v.4.25 фірми QSSL (QNX Software System Ltd.), бібліотеки

алгоритмічних модулів «Уніконт», мови програмування та транслятора Watcom C++, графічної оболонки Photon microGUI, системи відображення Photon Application Builder фірми QSSL, SCADA-системи „Уніконт-М”, SCADA-системи „Кварц”, ПЛК Fastwell на базі процесора CPU686 фірми Octagon Systems.

1. Рязанцев О.І. Аналіз функцій системи автоматизації та програмно-технічних засобів керування процесом аерозольного нанокаталізу / О.І. Рязанцев, В.С. Кардашук // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля. – Луганськ: СХУ ім. В. Даля, 2010. – № 7 (154), ч. 2. – С. 140–144.
2. Рязанцев О. І. Реалізація функцій керування на нижньому рівні в системі автоматизації керування процесом аерозольного нанокаталізу / О.І. Рязанцев, В.С. Кардашук // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля. – № 15 (186), ч. 2, 2012. – С. 170–175.
3. Рязанцев О.І. Методи та програмно-технічні засоби автоматизації керування процесом аерозольного нанокаталізу / О.І. Рязанцев, В.С. Кардашук // Радіоелектроніка, інформатика, управління. - Запоріжжя: ЗНТУ, 2011. - № 1(24). - С. 164-171.
4. Кардашук В.С. Математична модель підсистеми керування температурою для процесу знешкодження відходів хлороганічного синтезу / Кардашук В.С., Пономарчук О.В., Маринич М.В. // 1-а міжнародна науково-практична конференція «Теоретичні і прикладні аспекти комп'ютерних наук та інформаційних технологій» TACSIT-2015, 15-16 травня, м. Северодонецьк. – С. 21-24.
5. Ерофеев А.А. Теория автоматического управления: учебник [для вузов] / Ерофеев А.А. - [2-е изд., перераб. и доп.]. - СПб.: Политехника, 2002. - 320 с.: ил.