

Жученко А.І.Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**Ситніков О.В.**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ РЕГЕНЕРАТИВНОЮ СКЛОВАРНОЮ ПІЧЧЮ

У статті надано основні відомості по процесу виготовлення скломаси та скловаріння загалом, надано аспекти та обґрунтовано необхідність створення системи керування тепловим режимом регенеративної скловарної печі, поставлено завдання, що висувуються до системи керування. На основі проведеного аналізу попередніх досліджень, пов'язаних з розробкою систем керування роботою скловарної печі, було сформовано мету та завдання досліджень. Було використано метод системного аналізу, як найбільш відповідний для вирішення основного завдання роботи. Під час формування алгоритму керування використана універсальна мова UML. Всі складові частини технологічного процесу (вхідні та вихідні) параметри представлені у вигляді зображень. Що буде складатися з блоку активних елементів, даних технологічного регламенту, базових функцій та інформаційних потоків. Для зручності всі елементи були зведені до таблиць елементів. З зображень була створена автоматична система керування скловарною піччю з допомогою діаграми варіантів (Use-case diagram). Всі взаємодії між компонентами виконані з допомогою послідовної передачі даних за відповідні інтервали часу. Послідовність даних визначається значущістю для технологічного процесу та відповідність дій технологічного регламенту. Система керування тепловим режимом регенеративної скловарної печі представлена в роботі у вигляді діаграми класів, що дало можливість в графічній формі описати всі складові частини алгоритму керування та взаємодія між ними в програмних блоках. В ролі класу виступала конкретна складова частина системи керування. Алгоритм, що реалізує основний регулятор представлений з допомогою діаграми стану. Розроблена система дала можливість максимально оперативно виконувати керівні дії над процесом подачі пального, оптимізуючи показники витрати.

Ключові слова: скловарна піч, система керування, UML діаграми.

Постановка проблеми. Скловаріння досить складний процес, що потребує великих затрат паливно-енергетичних ресурсів. В розвинених країнах витрати палива на варку скла в 1,5-2 рази нижче, ніж вітчизняні показники аналогічного виробництва [1]. Основним завданням вітчизняної скловарної промисловості є досягнення світового рівня економічної ефективності у виробництві скла.

Україна має обмежені запаси природного газу і практично всі питання постачання пального на промислові підприємства виконуються шляхом імпортування. Ціни на пальне (природний газ) зростають згідно з тенденціями ринку та прогнозам експертів відповідної галузі, тому використання газу необхідно вести з максимальною економією, на цім не погіршуючи якість виробленої продукції.

Складність технологічного процесу виробництва скломаси потребує створення сучасної авто-

матичної системи керування, що буде відповідати потребам виробництва.

Скловаріння являє собою найбільш автоматизовану стадію в процесі виробництва скла. Основу автоматизованих систем складають мікропроцесорні засоби контролю та керування. При розв'язанні завдання автоматизації процесу скловаріння на передній план висувається низка чинників:

- підтримання регламенту технологічного процесу;
- оптимальний режим роботи системи керування;
- оперативне керування значенням вихідного параметра – температури скломаси.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням розробки системи керування займався низка вітчизняних та закордонних вчених, що відбито в роботах [2-6]. Розглянуто принципи створення автоматизованої системи керування

підтримки температури у варильній зоні печі, контролю теплового режиму роботи скловарної печі. Надано засіб врахування ефекту від підігріву повітря, що надходить на процес горіння, в регенераторі печі.

Постановка завдання. Мета роботи – спираючись на попередні дослідження, розробити систему керування тепловим режимом регенеративної скловарної печі, що буде реалізовувати оптимальне програмне керування.

Виклад основного матеріалу дослідження. Якість скломаси визначається точністю підтримки набору параметрів на різних етапах технологічного процесу варіння. Складність керування зумовлена запізненням по каналах керування. Під час дослідження системи керування тепловим режимом регенеративної скловарної використовується метод системного аналізу [7; 8], що має широкі можливості досліджень. Під час формування алгоритму системи керування для технологічного процесу виготовлення скломаси, необхідно задатися критерієм керування [9], а для зручності використовувати універсальну мову програмування *UML*, що являє собою максимально широкі можливості для реалізації поставлених завдань.

На теоретично-множинному рівні технологічний процес може бути представлений у вигляді зображень [7; 8]:

$$T_n: A \times B \times Y_{inp} \times R \rightarrow Y_{out}, 1 \leq n \leq N.$$

де $A = \{a_1 \dots a_n\}$ – блок активних елементів системи керування, $B = \{b_1 \dots b_n\}$ – блок базових функцій, $R = \{r_1 \dots r_n\}$ – блок технологічного регламенту, що накладені на показники системи та відповідає технологічному процесу, $Y = \{y_1 \dots y_n\}$ – блок інформаційних потоків в системі.

Таблиця 1

Значення елементів блоків

Елемент	Характеристика елемента
a_1	Алгоритм виготовлення скломаси
a_2	Оператор SCADA-системи керування процесом
b_1	Опитування вимірювальних пристроїв в точках виміру
b_2	Вимірювання витрати пального
b_3	Включення в роботу регенераторів
b_4	Реверс полум'я
b_5	Кут повороту димового шибера
b_6	Аварійна ситуація
b_7	Швидкість завантаження шихти
r_1	Критичне значення параметру тиску
r_2	Показники температурного режиму

r_3	Матеріальний баланс
y_1	Покази датчиків рівня скломаси
y_2	Вихідний добовий об'єм отриманої скломаси
y_3	Температура газу при вильоту з пальника
y_4	Покази термопари склепіння
y_5	Покази температури на поверхні скломаси (пірометр)
y_6	Покази термопари дна
y_7	Температура регенераторів
y_8	Час роботи по кожному з пальників
y_9	Витрата газу за пальниками
y_{10}	Співвідношення газ-повітря
y_{11}	Спостереження за формою факела пальника та покриття дзеркала скломаси
y_{12}	Кут димового шибера
y_{13}	Робота регенераторів
y_{14}	Швидкість роботи завантажувача шихти та склобою
y_{15}	Зміна витрати газу за пальниками
y_{16}	Сигнал реверсу полум'я

Відображення T_n будуть мати такий вигляд та зведені в таблицю для зручності формування діаграм:

На схемі під нумерацією позицій представлені: 1 – керування тепловим режимом печі; 2 – керування матеріальним балансом печі; 3 – передача даних системі керування; 4 – можливі дії оператора; 5 – візуальний контроль оператора. Фактично отримано два рівні керування – АСР теплового режиму та оператор SCADA системи. З огляду на схему рис. 1. можна сказати, що АСР являє собою нижній рівень керування процесом, а оператор – верхній рівень.

Взаємодія між складовими компонентами виконана з допомогою послідовної передачі повідомлень за відповідні інтервали часу. Послідовність повідомлень визначається значущістю даного повідомлення для технологічного процесу та відповідність дій технологічного регламенту (як приклад – не можна знімати покази вихідної температури при вимкнених пальниках та завантажувачах).

Для системи керування тепловим режимом скловарної печі буде використана діаграма класів [10; 11], що дозволяє в графічній формі описати всі складові частини алгоритму керування та взаємодія між ними в програмних блоках. Під класом буде розглядатися конкретна складова частина системи керування.

Значення зображень
залежно від елементів блоків

Відображення T_n	Вхідні				Вихідні
	активні елементи	базові функції	технологічний регламент	інформаційні потоки	інформаційні потоки
T_1 Показання датчиків вимірювання	a_1	b_1	r_1, r_2, r_3	-	$y_1 - y_{10}$
T_2 Кут повороту димового шиберу	a_1	b_5	r_1	-	y_7, y_{12}
T_3 Витрата газ-повітря	a_1	b_2	r_2	$y_3 - y_{10}$	y_{15}
T_4 Робота регенератора	a_1	b_3	r_2	$y_4 - y_{10}$	y_{13}
T_5 Робота завантажувача	a_1	b_7	r_3	$y_1 - y_2$	y_{14}
T_6 Реверс факелу пальника	a_1	b_4	-	$y_4 - y_{10}$	y_{16}
T_7 Візуальний контроль	a_2	-	r_1, r_2, r_3	-	y_{11}
T_8 Дія при аварійній ситуації	a_1, a_2	b_6	r_1, r_2, r_3	$y_1 - y_{11}$	$y_{13} - y_{16}$
T_9 Зміна параметрів тех. процесу	-	-	r_1, r_2, r_3	$y_1 - y_{11}$	y_{16}

Процеси, що відбуваються в основному регуляторі (*control* з рис. 2) представлено на діаграмі стану.

Висновки. Таким чином, розроблена система

керування тепловим режимом регенеративної скловарної печі та надано алгоритм керування.

Всі розробки виконані з допомогою *UML* діаграм.

Список літератури:

1. Бочкарева О.А. Система комплексного учета производственных затрат предприятий стекольной промышленности. Вестник *ССЭИ РЭУ им. Г.В. Плеханова*. № 16 (2). 2007. 0,32 п.л.
2. Автоматизированная система управления температурой в стекловаренной печи / Т.А. Халабузарь, В.П. Куценко. Д.: ИУС КМ, 2013. С. 663–668.
3. Автоматизированный контроль теплового режима стекловаренной печи /Л.И Чумак, А.А. Москалева. Д.: Вісник ПДАБА. № 3. 2006. С. 58–62.
4. Развитие систем автоматизации в производстве стекла /А.А. Тарунин, П.И. Межерлицкий. М.: АТП в производстве стекла. *Сборник научных трудов*. 1985. С. 10–14.
5. Методика оценки влияния регенеративного подогрева воздуха горения на работу ванной стекловаренной печи. /А.В. Кошельник, В.М. Кошельник, Е.Ю. Долженко. О.: ОПУ сборник трудов. 2007. № 2 (28). С. 1–6.
6. Алонцева Е.Н., Анохин А.Н. Структурное моделирование процессов и систем. Учебное пособие по курсу «CASE и CALS технология». О.: ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 2015. 72с.
7. Системный подход к построению системы автоматизированного управления процессом варки стекла / С.В. Куранов, В.А. Иващенко. *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 2.
8. Куракин А.И. Балансовый метод исследования скловаренных печей. «*Стекло и керамика*». 1982. № 3 С. 12–14.
9. Хорошева Е.Р. Выбор критерия управления регенеративными печами в производстве листового стекла. Международная научно-техническая конференция. Конверсия. Приборостроение. Рынок.-Тез.докл., Владимир. 1997. 136 с.
10. Хассан Гома. *UML-проектирование систем реального времени параллельных и распределенных приложений*. М.: ДМК, 2011. 704 с.
11. Дж. Рамбо, М. Блаха *UML 2.0. Объектно-ориентированное моделирование и разработка 2-е изд.* СПб.: Питер, 2007. 544 с.

Zhuchenko A.I., Sytnikov A.V. DEVELOPMENT OF THE CONTROL SYSTEM OF REGENERATIVE GLASS MELTING FURNACE

The article gives the basic information on the process of making glass and glass in general, presents the aspects and justifies the necessity of creating a control system for the thermal mode of a regenerative glass furnace, and presents the tasks put forward in the control system. Based on the analysis of previous studies related to the development of control systems for the operation of a glass furnace, the purpose and tasks of research were formed. The method of system analysis was used as the most suitable for solving the main task of work. When forming the control algorithm, the universal language UML was used. All components of the technological process (input and output) parameters are represented as representations. That will consist of a block of active elements, data of the technological regulations, basic functions and information flows. For convenience, all elements have been reduced to the elements tables. From the displays, an automatic glass-glass furnace control system was created using the Use-case diagram. All interactions between components are performed by sequential data transmission at appropriate intervals. The sequence of data is determined by the importance for the technological process and the compliance of the technological regulations. The thermal regeneration glass furnace control system is presented in the form of a class diagram, which made it possible to graphically describe all components of the control algorithm and the interaction between them in the program blocks. The role of the class was a specific component of the control system. The algorithm implementing the main regulator is represented by a state diagram. The developed system made it possible to carry out control operations on the fuel supply process as efficiently as possible, optimizing the cost parameters.

Key words: glass furnace, control system, UML diagram.