ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 681.5

DOI: 10.34708/GSTOU.2020.19.1.001

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ОБЖИГА КИРПИЧА В КОЛЬЦЕВОЙ ПЕЧИ

© А. У. Тахгириев, А. С-С. Хамзаев, У. А. Вагапов

ГГНТУ им. акад. М. Д. Миллионщикова, Грозный, Россия

В данной статье приводится описание технологического процесса обжига керамического кирпича в кольцевой печи Гофмана. Проанализирован существующий уровень автоматизации объекта. Приведено обоснование для внедрения автоматизированной системы управления процессом обжига кирпича и вариант структурной схемы системы автоматизированного управления. Также представлены основные характеристики интегрированной среды разработки SIMPLE-SCADA, выбранной для организации операторского уровня автоматизированной системы управления технологическим процессом. Для определения показателей качества системы определены прямые и косвенные оценки качества функционирования системы управления.

Ключевые слова: система автоматизированного управления, обжиг кирпича, регулируемые параметры, диспетчерское управление.

Без систем автоматизированного контроля и управления технологическими параметрами немислим технический прогресс предприятия. Автоматизация способствует повышению производительности оборудования, снижению себестоимости, улучшению качества продукции и повышению безопасности эксплуатации оборудования. Технологический процесс производства кирпича является весьма энергоемким процессом, поэтому процесс автоматизации является значимым и влияет на рациональность использования затрачиваемых материалов и энергоресурсов.

Качество готового продукта зависит от эффективного функционирования системы управления технологическим процессом. Автоматизированные системы управления технологическими процессами разрабатываются и внедряются с целью повышения эффективности производственных процессов. Поддержание заданных режимов сушки и обжига кирпича позволит произвести кирпич с заданными

свойствами и сократить перерасход топлива, затрачиваемого на его производство.

ГУП «Грозненский кирпичный завод» функционирует в городе Грозном с 1950-го года, завод имеет свои: карьеры для добычи глины, глинозапасник для хранения глины, цех переработки шихты, линию формирования глиняного бруса, сушилку и печь для обжига кирпича.

Процесс обжига кирпича – один из важнейших технологических процессов в процессе производства керамического кирпича. Печь обжига на ГУП «Грозненский кирпичный завод» – кольцевая печь, впервые сконструированная Гофманом в 1857 г. в Германии. Во времена СССР, когда использование природного газа обходилось недорого, эксплуатация кольцевой печи была экономически эффективной. Однако в наше время, когда природный газ и электрическая энергия поставляются промышленным предприятиям по тройному тарифу, эксплуатация печи становится энергоемкой,

что существенно влияет на снижение доходов предприятия.

Возникает задача обеспечения эффективности сжигания топлива, поддержания высокой точности и стабильности значений технологических параметров, что повлияет на качество производимой продукции и снижение объемов брака. Решение этой задачи возможно при реализации системы автоматизированного управления технологическим процессом.

В данной статье в качестве объекта регулирования рассматривается печь обжига керамического кирпича на ГУП «Грозненский кирпичный завод».

Целью разработки системы автоматизированного управления (САУ) технологическим процессом является улучшение производительности технологических процессов, повышение безопасности персонала, так как управление будет производиться автоматически без участия человека, улучшение качества получаемой продукции.

Кирпич-сырец после сушки подается к автомату-садчику сухих кирпичей на печные вагонетки. Разгруженный с реек кирпич направляют на механизм садки, пустые рейки – на загрузку кирпича-сырца. После укладки сухого кирпича печные вагонетки при помощи погрузчика перемещают камеры кольцевой печи. Кольцевая печь Гофмана в своей рабочей части

представляет замкнутый коридор. В плане этот коридор имеет форму овала. Коридор делится на камеры (рисунок 1). Камерой условно принимается часть коридора (рисунок 2), имеющая одно отверстие ходок для загрузки и один боровок для отвода дымовых газов.

В рабочем канале печи, обжигающей сырец, различают четыре зоны: зона выпаривания, зона подогрева сырца дымовыми газами, зона обжига, зона остывающего кирпича и пустые камеры, через которые производится загрузка сырца и выгрузка обожженного кирпича [1].

Был проведен анализ существующего уровня автоматизации. Температура зоны обжига печи регулируется двухпозиционно, посредством прекращения и возобновления подачи газовой смеси на газовые горелки. Степень готовности кирпича определяется визуально по цвету готового кирпича и примерному уровню усадки на 25 см, наблюдение осуществляется через смотровые стекла сверху кольцевой печи.

На основе произведенного анализа уровня автоматизации технологического процесса обжига кирпича приведен обоснованный выбор основных параметров контроля и управления технологического процесса обжига кирпича в кольцевой печи.

Температура во всех камерах печи зависит от расхода топлива и полноты его сгорания.

Рис. 1 Технологическая схема печи Гофмана [1]

Рис. 2 Камеры печи Гофмана

Чтобы правильно дозировать давление и воздух, подаваемые на горелки, необходимо знать их точные значения в трубопроводах газа и воздуха соответственно.

Необходим контроль утечки газа, прежде всего из соображений безопасности. При объемной концентрации свыше 5% природный газ в смеси с воздухом представляет опасность.

В процессе обжига кирпича важными параметрами автоматического контроля являются: температуры в зонах охлаждения и предварительного нагрева; давления топлива и воздуха, подаваемых на горелки; концентрация метана в отработанных горячих газах, уровень усадки готового изделия. Задачи автоматического регулирования: температуры газов в зоне обжига; давление топлива, подаваемого на газовые арматуры горелок, уровень усадки кирпича.

Рассмотрим вариант структуры автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУТП) [2].

Система будет выполнена как трехуровневая иерархическая система управления.

Первый уровень предназначен для получения информации о работе объекта управления и оказания управляющих воздействий на объект. Он включает в себя: первичные преобразователи температуры «ТПК135–0314.320»,

первичные преобразователи давления «ДДМ-1-400», преобразователи «ЭП1324», газоанализатор «СТМ-10-0001 ПБ», датчики уровня ОВЕН ПДУ, регулирующие клапаны «РУСТ-95», вентиляторы.

Второй уровень – шкаф контроля и управления на базе программируемого логического контроллера-SIEMENS S7–1500, предназначенного для преобразования и обработки информации с первого уровня управления, формирования управляющих воздействий на исполнительные устройства первого уровня. Также в шкафу контроля и управления расположены: ПЧВ1 преобразователь частоты для плавного управления электроприводами, модули для ввода/вывода дополнительных управляющих сигналов из линейки Simatic S7–1500, блоки питания нагрузки (PM), интерфейсные модули (IM), системные блоки питания (PS).

Третий уровень – автоматизированное рабочее место оператора, реализованное на базе SCADA-системы – отвечает за получение информации со второго уровня, ее обработку и хранение, представление оператору-технологу в удобном для принятия решений виде. Для реализации диспетчерского управления в рассматриваемой системе автоматизированного управления выбрана Simple-SCADA – бесплат-

Рис. 3 Структурная схема системы автоматизированного управления

ная SCADA-система, обеспечивающая сбор, обработку, архивирование и визуализацию технологических процессов.

На рисунке 3 представлена структурная схема системы автоматизированного управления процессом обжига кирпича.

Система автоматизированного управления процессом обжига кирпича обеспечит:

- регулирование давления и температуры в камерах печи по заданной программе;
- отображение учетной информации на панели в щите управления и просмотр архивных данных с пульта оператора;
- возможность перепрограммирования и наращивания количества подключаемых датчиков и выбора соответствующего программного обеспечения;
- стыковку с «низовыми» системами цеховой, станционной, агрегатной и линейной автоматики различных производителей по различным протоколам;
- открытость к расширению и подключению новых систем «низовой» автоматики, в том числе открытость к добавлению новых протоколов;

- сокращение численности обслуживающего технологического персонала.

Операторский уровень автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУТП) спроектирован при помощи интегрированной среды разработки SIMPLE-SCADA. На операторской станции будут установлены исполнительные модули SIMPLE-SCADA на 64 точки ввода/вывода и ДокМРВ+ на 54 канала и 3 шаблона документов. В АСУТП будут реализованы следующие функции:

- графический интерфейс оператора с отображением текущих значений технологических параметров;
- аварийная сигнализация при превышении параметрами допустимых пределов;
- запись в отчет тревог аварийных ситуаций с возможностью квитирования событий;
- ведение архивов технологических параметров с отображением архивных данных на трендах;
- формирование документов технологической отчетности в формате html.

Данная программа обеспечит связь между оператором и комплексом технических средств

Рис. 4 Мнемосхема кольцевой печи в автоматическом режиме работы

автоматизированной системы управления и контроля.

Программа позволяет отображать на экране автоматизированного рабочего места оператора информацию о ходе технологического процесса на мнемосхемах (рисунок 4), а также внесение оперативных изменений в функционирование автоматизированной системы управления и контроля.

Для определения качества функционирования разрабатываемой системы был произве-

ден расчет одноконтурной системы автоматизированного регулирования в прикладной программе Matlab/Simulink. В качестве регулируемого параметра рассматривалась температура в зоне обжига печи, составляющая 1100 С.

Для определения показателей качества необходимо:

1. Провести компьютерное моделирование ТП в Simulink.
2. Построить график переходного процесса и определить устойчивость системы.

Рис. 5 Модель одноконтурной АСР в пакете Simulink

Рис. 6 График переходного процесса

3. Определить показатели качества и сделать вывод.

На рисунке 5 представлена модель системы в пакете Simulink.

На рисунке 6 представлен график переходного процесса.

Система устойчивая, время установившегося режима равно 1,5 секунды, что отвечает требованиям технического задания, время перерегулирования составляет 10 секунд.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленная САУ обжига кирпича позволит: повысить эффективность сжигания топлива, обеспечить высокую точность и стабильность измерения и поддержания технологических параметров, повысить качество продукции

и снизить объёмы брака за счёт улучшения технологических режимов и контроля параметров работы печи. Проведенный расчет точностных характеристик САУ подтвердил соответствие системы требованиям технического задания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Печь Гофмана. Устройство печи и принцип ее работы [Электронный ресурс]. URL: <http://fccland.ru/proizvodstvo-kirpicha-i-cherepicy/3204-pech-gofmana-ustroystvo-pechi-i-princip-ee-raboty.html> (дата обращения: 11.02.20 г.).
2. Дагаев М. И., Муртазова Х. Т., Авторханов А. М. Система управления процессом обжига кирпича // Вестник ГГНТУ. Технические науки. Том XV. № 3 (17). 2019. 84 с. URL: gstou.ru/science/soderjanie-teh-2019-3.php
3. Старостин А. А., Лантева А. В. Технические средства автоматизации и управления: учеб. пособие. Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 2015. 168 с.
4. Технические средства автоматизации и управления / Подлевских А. П., Михед А. Д., Жигалов К. Ю.: учеб. пособ. М.: МТИ, 2016. 180 с.

5. Лабазанов М.А., Исаева М.Р., Пашаев В.В. Разработка системы диспетчерского управления бинарной установкой на основе программного обеспечения TIA PORTAL фирмы SIEMENS // Вестник ГГНТУ. Технические науки. Том XV. №3 (17). 2019. 84 с. URL: gstou.ru/science/soderjanie-teh-2019-3.php

DEVELOPMENT OF A SYSTEM FOR AUTOMATED CONTROL OF THE BRICK FIRING PROCESS IN A RING FURNACE

© A. U. Takhgeriev, A. S-S. Khamzaev, U. A. Vagapov
GSTOU named after acad. M. D. Millionshchikov, Grozny, Russia

This article describes the technological process of firing ceramic bricks in a ring Hoffmann furnace. The existing level of object automation is analyzed. The justification for the introduction of an automated control system for the brick firing process and a variant of the block diagram of the automated control system is given. The main characteristics of the integrated development environment SIMPLE-SCADA, selected for the organization of the operator level of the automated process control system, are also presented. To determine the quality indicators of the system, direct and indirect assessments of the quality of the management system are determined.

Keywords: automated control system, brick firing, adjustable parameters, dispatch control

REFERENCES

1. Pech' Gofmana. Ustroistvo pechi i printsip ee raboty [Hoffmann's furnace. The device of the furnace and the principle of its operation]. Available at: <http://fccland.ru/proizvodstvo-kirpicha-i-cherepicy/3204-pech-gofmana-ustroystvo-pechi-i-princip-ee-raboty.html> (Accessed: 11 February 2020)
2. Dagaev, M. I., Murtazova, Kh. T. and Avtorkhanov, A. M. (2019) 'Sistema upravleniya protsessom obzhiga kirpicha' *Vestnik GGNTU. Tekhnicheskiye nauki* [The control system of brick firing process. Bulletin of GSTOU. Technical sciences], V. XV, No 3 (17), p 84. (in Russian), available at: gstou.ru/science/soderjanie-teh-2019-3.php
3. Starostin, A. A. and Lapteva, A. V. (2015) Technical means of automation and control [Tekhnicheskiye sredstva avtomatizatsii i upravleniya] Yekaterinburg: Publishing House of the Ural University. p 168
4. Labazanov, M. A., Isaeva, M. R. and Pashayev, V. V. (2019) 'Razrabotka sistemy dispetcherskogo upravleniya binarnoy ustanovkoy na osnove programmnoy obespecheniya TIA PORTAL firmy SIEMENS' *Vestnik GGNTU. Tekhnicheskienauki* [Development of a binary installation supervisory control system based on SIEMENS TIA PORTAL software. Bulletin of GSTOU. Technical sciences]. V. XV, No 3 (17), p 84. (in Russian)
5. Podlevskih, A. P., Mikhed, A. D. and Zhigalov, K. YU. (2016) 'Tekhnicheskiye sredstva avtomatizatsii i upravleniya' [Technical means of automation and control], Moscow, MTI, p 180. (in Russian), available at: gstou.ru/science/soderjanie-teh-2019-3.php