

Автоматизированная система управления процессом сушки керамического кирпича

А.А. Зассеев, Б.Д. Хасцаев, М.П. Маслаков

*Северо-Кавказский горно-металлургический институт (Государственный
Технологический Университет)" г. Владикавказ*

Аннотация: В данной статье рассматриваются пути повышения качества, долговечности, экономичности кирпича в результате разработки и внедрения АСУ ТП производства кирпича. В работе использован метод обобщения результатов известных работ и разработана улучшенная по своим характеристикам технической системы, т.е., АСУ ТП производства кирпича, показаны этапы разработки такой системы на основе систематизации ее задач, предложены алгоритм работы и обобщенная структурная схема АСУ ТП производства кирпича. Предложены варианты построения подсистем сбора информации для разработанной АСУ. Отмечена важность в реализации этих подсистем применения измерительной цепи с улучшенными характеристиками для обеспечения высокой точности измерения физических параметров ТП производства кирпича. В качестве такой измерительной цепи предложена четырехплечая мостовая измерительная цепь с улучшенными структурными способами характеристиками. Особое внимание в работе уделено важному ТП в производстве кирпича - сушке кирпича, и разработке задач локальной АСУ этим значимым ТП.

Ключевые слова: производство кирпича, технологический процесс, сушка, обжиг, алгоритм управления, автоматизированная система управления, обобщенная структурная схема, подсистема сбора информации, одноканальная схема, многоканальная схема, измерительная цепь.

Современное строительство и архитектура неразрывно связаны с изготовлением керамического кирпича, и это обусловлено тем, что керамический кирпич в общей истории строительной индустрии мировой практики нашел надежную нишу своего применения, в которой до сегодняшнего дня играет важную и лидирующую роль. В то же время, широкое применение кирпичных конструкций объясняется многочисленными достоинствами кирпича, в числе которых повышенная прочность, долговечность, хорошее сопротивление негативным факторам внешней среды, экологическая безопасность, морозостойкость, высокие эстетические характеристики.

Одной из главных задач капитального жилого и промышленного строительства является возрастающая эффективность производства. Для

решения этой задачи, в частности, требуется значительный рост качества проектных решений кирпичных конструкций, изготовление кирпича более высокого качества, уменьшения стоимости строительства. Наиболее эффективным путем для достижения цели является автоматизация технологических процессов производств [1,2]. Более того, из анализа научных публикаций, к примеру [3-5], становится понятным, что все проблемы повышения качества, долговечности, экономичности, кирпича (включая керамический) в строительстве могут успешно решаться путем разработки автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) производства кирпича. Часть публикаций последних лет посвящена таким важным технологическим процессам (ТП) – как сушка и обжиг кирпича [6-8]. Высокоэффективное использование отдельных технических средств в составе АСУ ТП рассматривается в таких работах, как [9-11]. Результатами, приводимыми в [9-11], можно воспользоваться не только для построения АСУ ТП производства кирпича, но и для разработки АСУ ТП многими другими (подобными) производствами. Внедрение АСУ ТП в настоящее время приведет к значительному повышению эффективности производства кирпича. Целесообразна при этом разработка новых, более совершенных и более эффективных АСУ ТП, чем АСУ ТП, рассмотренных в уже известных и упомянутых работах.

В связи с отмеченным, целью статьи является определение и систематизация задач автоматизации ТП-производства кирпича, разработка как обобщенной структуры АСУ ТП производства кирпича, так и алгоритма управления производством кирпича, обозначение функциональных требований к подсистемам автоматизации технологических процессов производства кирпича, в том числе, к подсистеме, обеспечивающей ТП - сушка кирпича.

Необходимо в начале работы отметить то, что АСУ ТП, как правило, входит в состав АСУ предприятия, объектом управления является комплекс процессов, свойственных предприятиям, которые преобразуют ресурсы материала, полуфабриката, инструментов, оснасток, техники, энергетического, трудового, финансового и иных ресурсов в производство готовой продукции. Поэтому, в целом, разработка АСУ ТП производства должна осуществляться во взаимосвязи со свойствами и возможностями АСУ предприятием.

Разработку АСУ ТП важно начать с анализа и систематизации задач, решаемых на основе этой системы. Проведенный в связи с этим анализ [3-5] показал, что задачи АСУ ТП производства кирпича связаны с обеспечением выполнения следующих задач:

- автоматический процесс подготовки сырья;
 - автоматический процесс подачи сырья на прессование;
 - автоматический процесс нарезки кирпича-сырца;
 - автоматический процесс подачи сырья в камеру сушки;
 - контроль параметров технологических процессов;
 - контроль и управление вентиляторами;
 - автоматическая регулировка влажности и температуры в камере сушильного оборудования;
 - контроль состояния оборудования формования и транспортировка в сушильной камере;
 - автоматическая подача кирпича в обжиг;
 - автоматическая регулировка температуры и расположения печных тележек;
 - полная автоматическая подача обожженных кирпичей на упаковку и укладку кирпича.
-

- автоматическая защита и управление технологическим оборудованием в процессе работы;

- выполнение визуализации технологических процессов (ТП) на автоматизированном рабочем месте (АРМ).

Выполнение этих функций возможно, если в производстве используются подсистемы, выполняющие основные ТП производства кирпича, такие, как: автоматический процесс подготовки сырья; автоматический процесс подачи сырья на прессование; автоматический процесс нарезки кирпича-сырца; автоматический процесс подачи сырья в камеру сушки; автоматическая подача кирпича в обжиг; полная автоматическая подача обожженных кирпичей на упаковку и укладку кирпича. Выделенные ТП выполнимы подсистемами, указанными на рис. 1, где также указана последовательность выполнения этими подсистемами ТП изготовления кирпича.

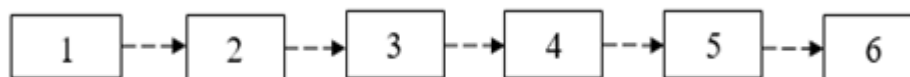


Рис. 1. - Подсистемы производства кирпича.

На рис. 1 приняты следующие обозначения:

1. - Подсистема подготовки сырья.
2. - Подсистема подачи сырья на прессование.
3. - Подсистема нарезки кирпича-сырца.
4. - Подсистема подачи сырья в камеру сушки.
5. - Подсистема подачи кирпича в обжиг.
6. - Подсистема подачи обожженных кирпичей на упаковку и укладку кирпича.

Все подсистемы выполняют важные и трудоемкие задачи, однако отметим одну важную задачу подсистемы подготовки сырья, которая заключается в подготовке сырья из исходных ингредиентов при



предварительном обеспечении консистенции исходных ингредиентов и их весовых соотношений в соответствии с нормативной документацией при подготовке сырья. С учетом выполнимых этими подсистемами задач был разработан алгоритм управления производством кирпича (представленный на рис. 2), соответствующий функциям АСУ ТП производства кирпича.

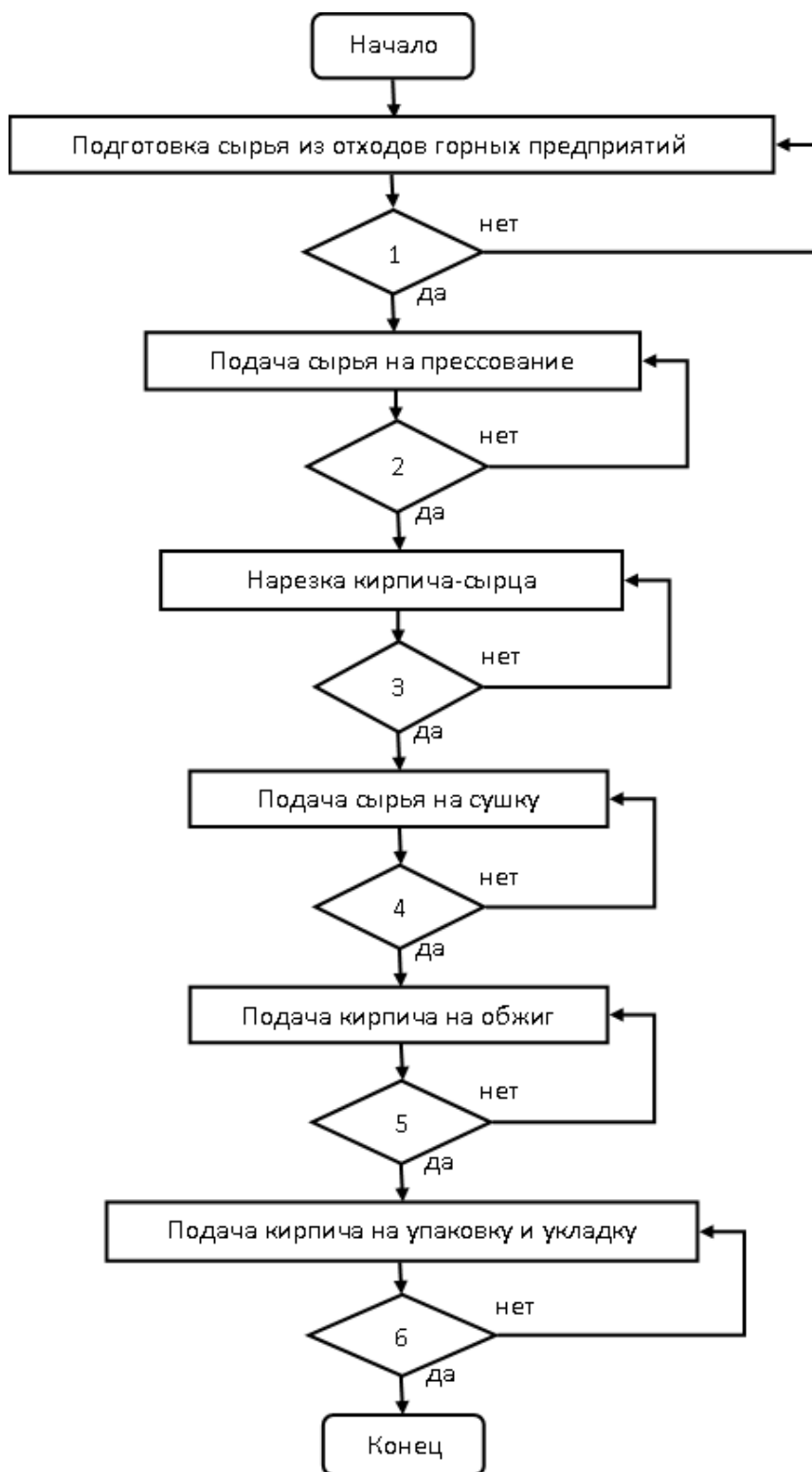


Рис. 2. - Алгоритм управления производством кирпича

На рис. 2 приняты следующие обозначения:

1. Сырье соответствует нормативу?

2. Прессование сырья по нормативу?
3. Нарезка кирпича-сырца по нормативу?
4. Сушка сырья по нормативу?
5. Обжиг кирпича по нормативу?
6. Упаковка и укладка кирпича по нормативу?

Особенностью разработанного алгоритма является то, что он предусматривает проверку выполнения всех ТП в соответствии с нормативными документами. Последнее способствует обеспечению высокого качества производимой производством продукции.

Рассмотренные выше требования к АСУ ТП производства кирпича, к различным подсистемам, участвующим в производстве кирпича, и разработанный алгоритм управления производством кирпича явились основой для обобщенной структурной схемы АСУ ТП производства кирпича, представленной на рис. 3.

Обобщенная структурная схема предлагаемой АСУ ТП условно разделяется на 3 уровня: нижний, средний и верхний. Основными составляющими нижнего уровня АСУ ТП являются подсистемы, представленные на рис. 1, как вместе с их датчиками физических параметров ТП, так и с исполнительными механизмами, устройствами отображения информации и пр. Средний уровень АСУ ТП, главным образом, характеризуется подсистемами сбора информации (ПСИ) для всех подсистем, обеспечивающих выполнение всех ТП производства кирпича, и интерфейсом 1. В соответствии с подсистемами, показанными на рис. 1, ПСИ на среднем уровне обозначены как ПСИ₁, ПСИ₂, ПСИ₃, ПСИ₄, ПСИ₅, ПСИ₆. Каждая из этих подсистем обеспечивает сбор информации с датчиков ТП соответствующих подсистем нижнего уровня. Подсистемы ПСИ₁ – ПСИ₆ также обеспечивают первичную обработку информации о ТП на всех стадиях производства и отображение информации по запросам специального

назначения. Информация с ПСИ₁ – ПСИ₆ через шину данных и интерфейс 1 подается на верхний уровень, состоящим из автоматизированного рабочего места (АРМ) и интерфейса 2. В АРМ происходит окончательная обработка информации, ее архивирование и формирование команд управления, подаваемых через интерфейс 2 и соответствующие провода на исполнительные механизмы соответствующих подсистем, указанных на рис. 1.

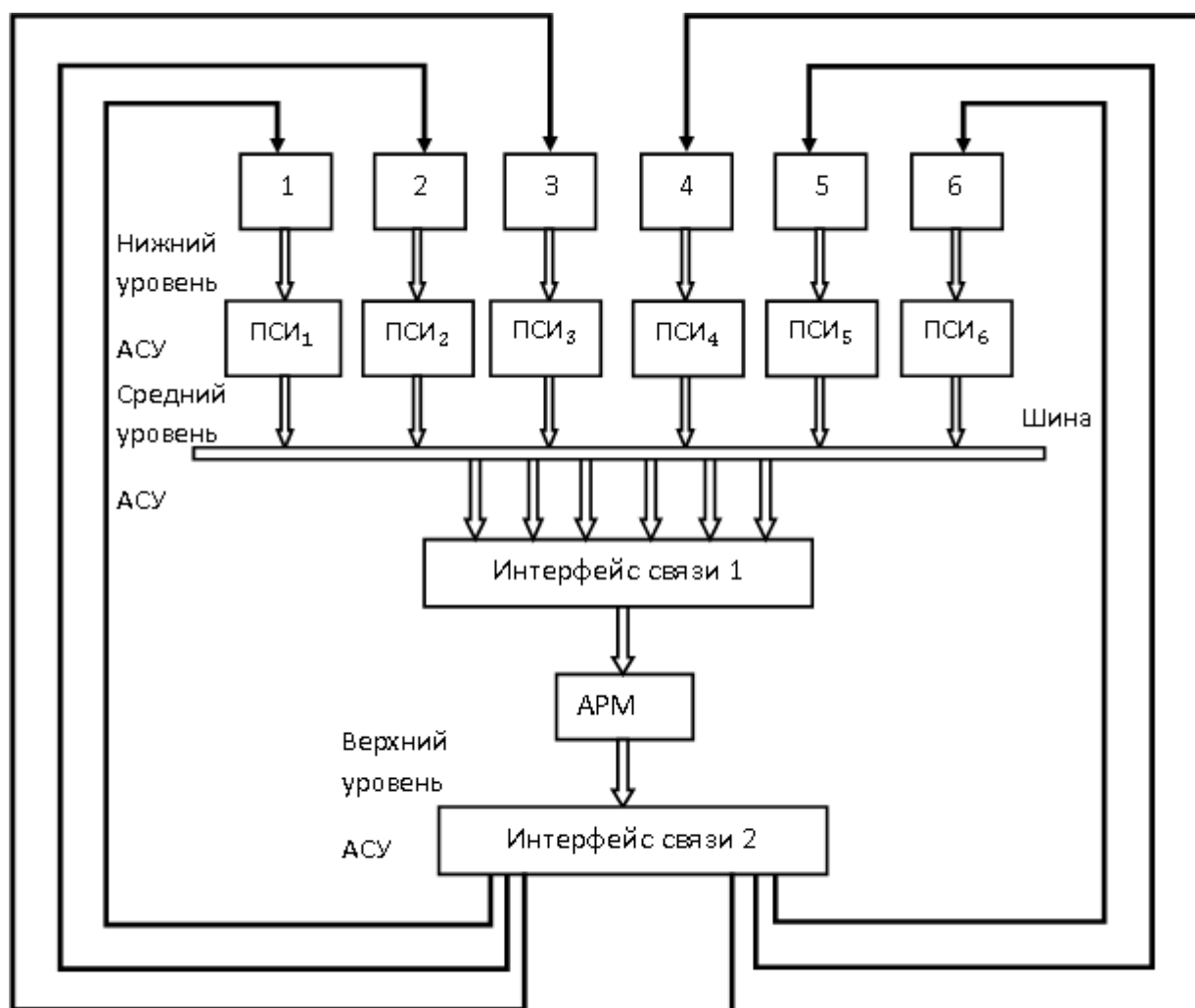


Рис.3. - Обобщенная структурная схема АСУ ТП производства кирпича
Актуальные объекты автоматизации - самые энергоемкие технологические объекты: туннельные сушилки, туннельные обжиговые печи и вспомогательные агрегаты, которые обеспечивают толкание вагонеток

в печь, садку кирпича на полеты и вагонетки, перемещение вагонеток и другие ТП.

Важной частью в производстве кирпича является такой ТП, как обеспечение сушки кирпича, поэтому в работе этому процессу уделяется особое внимание. Локальная АСУ процесса сушки, входящая в состав всей АСУ ТП производства кирпича, предназначена для управления и автоматизации процесса загрузки камеры сушки и непосредственно процесса сушки керамического кирпича с заданными физическими характеристиками и свойствами [5-8]. Подобная локальная АСУ способна решать задачи, касающиеся:

- управления технологическим оборудованием;
- контроля состояния оборудования и механизмов;
- визуализации технологического процесса;
- сбора, первичной обработки и хранения информации;
- автоматической поддержки технологических процессов на заданном уровне.

Основное предназначение создания локальной АСУ, а также в целом, всей АСУ ТП производства кирпича - это контроль, управление и итоговое обеспечение производства высококачественных керамических кирпичей с заданными характеристиками, к примеру, по прочности и энергоэффективности, а также визуализация всех стадий производства. Этому способствуют высокоэффективные ПСИ, которые должны строиться на основе современной элементной базы АСУ. Важно также отметить, что построение ПСИ о параметрах ТП производства кирпича, включая ТП сушки кирпича, возможно по одноканальной или по многоканальной схемам сбора информации. Выбор схемы зависит от числа измеряемых и регулируемых параметров ТП, что связано с числом используемых датчиков параметров ТП. Варианты построения ПСИ для случаев одноканальной и

многоканальной ПСИ одной подсистемы ТП, соответственно, представлены на рис. 4 и рис. 5.

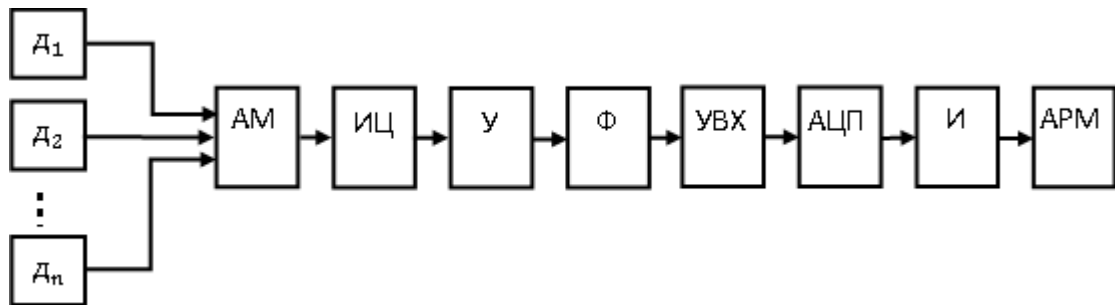


Рис. 4. - Структурная схема одноканальной ПСИ одной подсистемы ТП

Принятые обозначения на рис. 4 следующие: $Д_1-Д_n$ – датчики физических величин (параметров) ТП производства кирпича (датчики температуры, влажности, перемещения, массы, размеров и т.д.), АМ-аналоговый мультиплексор, ИЦ-измерительная цепь, У-усилитель (масштабный усилитель), Ф-фильтр, УВХ-устройство выборки и хранения данных, АЦП-аналого-цифровой преобразователь, И-интерфейс, АРМ-автоматизированное рабочее место. Эти же обозначения использованы на рис. 5.

Отличие двух схем в количестве ИЦ (на рис. 5 - от ИЦ₁ до ИЦ_n), У (на рис. 5 - от У₁ до У_n), Ф (на рис. 5 - от Ф₁ до Ф_n). В схемах, представленных на рис. 4 и рис. 5, датчики $Д_1-Д_n$ формируют функцию сенсорных элементов. Выходные величины датчиков пропорциональные физическим параметрам ТП, в соответствии которых ИЦ формируют унифицированные электрические сигналы, которые усиливаются У, фильтруются с помощью Ф и подаются на входы УВХ для временного хранения и выборки информации. Далее сигналы подаются на АЦП и через И на вход АРМ. В схеме на рис. 4 АМ обеспечивает переключение выходов датчиков на вход ИЦ, а в схеме на рис. 5 АМ обеспечивает переключение выходов фильтров $Ф_1-Ф_n$ на вход УВХ.

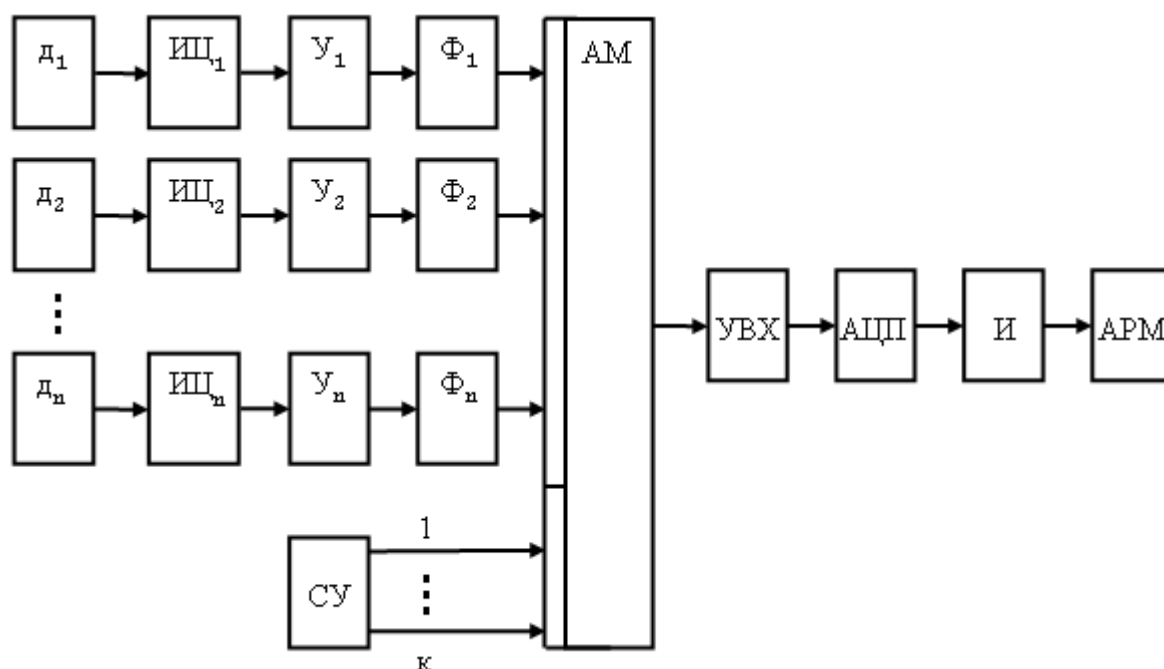


Рис. 5. - Структурная схема многоканальной ПСИ одной подсистемы ТП

В приведенных вариантах построения ПСИ важнейшей их частью является ИЦ, используемая в ПСИ вместе с датчиком параметра ТП в качестве первичного преобразователя исходной информации о параметре ТП. Важность ИЦ определяется тем, что от ее свойств и возможностей, во многом, зависят точность измерения параметров ТП и корректность влияния АСУ на ход ТП с целью обеспечения высокого качества производимой продукции и ее конкурентоспособности на рынке. Поэтому выбор ИЦ при разработке АСУ ТП имеет большое значение. В наиболее перспективных ИЦ чаще всего находят применение структурные способы улучшения выходных характеристик ИЦ, особо, для повышения их точности измерения, расширения их функциональных возможностей и повышения качества производимой продукции. Наиболее структурные способы исследованы на примере четырехплечей мостовой ИЦ и различные сферы применения этой ИЦ с улучшенными характеристиками для решения разных технологических задач рассмотрены, к примеру, в [12,13], в которых показана высокая целесообразность применения четырехплечей мостовой ИЦ с улучшенными

характеристиками в задачах автоматизированного управления различными ТП. На основании этого, следует отметить, что применение данной ИЦ с применением датчиков, выходной величиной которых является сопротивление, будет обеспечивать высокую информативность о ходе ТП в производстве кирпича. К классу датчиков сопротивления относятся датчики активного сопротивления, емкостные и индуктивные датчики. Они могут быть применимы в составе четырехплечей мостовой ИЦ для измерения с высокой точностью многих физических величин ТП на всех стадиях производства кирпича.

Схемы, приведенные на рис. 4 и рис. 5, также можно применять в составе всех подсистем, приведенных на рис. 1.

Благодаря созданию и внедрению на производстве АСУ ТП можно достичь:

- снижения материальных и энергетических затрат;
- повышения технических, экономических характеристик работы сушильных камер;
- снижения вероятности возникновения аварийной ситуации;
- улучшения качества контроля температуры, влажности, а также достижение высокой степени стабилизации технологического режима;
- улучшения информационной поддержки технологических и эксплуатационных условий персонала (контроль технологической дисциплины);
- снижения расходов эксплуатации системы и т.д.

Разработка локальной АСУ процесса сушки кирпича предусматривает включение в состав локальной АСУ следующих устройств управления:

- транспорт вагонеток сушильной камеры;
 - транспорт вагонеток печи;
 - вентиляторы и задвижки;
-

- визуализация и т.д.

При этом указанные устройства управления (УУ) предназначены для управления конкретными ТП производства кирпича. Кратко значение данных УУ можно охарактеризовать таким образом:

- УУ транспортом сушильных вагонеток (СВ) должна гарантировать равномерную загрузку камеры сушки вагонетками с сырыми кирпичами.

- УУ печными вагонетками (ПВ) обеспечивает гарантированную равномерную загрузку печи кирпичом.

- УУ вентиляторами и задвижками предназначена поддерживать с высокой точностью заданный режим сушки.

- УУ визуализацией должна обеспечить персоналу предприятия доступ к основным интерфейсам управления, контроля состояния ТП сушки керамического кирпича.

Более подробное рассмотрение УУ локальной АСУ показывает, что выполняемые ими функции весомы и значимы. Так, основные функции УУ исполнительными механизмами можно представить таким образом:

- ручной, автоматический запуск или остановка механизмов;
- подсчет числа проходов СВ через сушильную камеру;
- сбор информации о точках температуры, влажности;
- сбор информации о времени загрузки ПВ в печь для обжига;

Функциями УУ визуализацией являются следующие:

- архивирование значений технологических и физических параметров (температура, влажность, давление, перемещение исполнительного органа и пр.);

- архивирование времени проталкивания СВ;
 - архивирование времени проталкивания ПВ;
 - архивирование действий пользователей;
-

- контроль состояния технологических агрегатов, сигналов, показаний приборов, режимов работы;

- сигнализацию аварийного отключения электрооборудования и отклонения технологических параметров от заданных значений мигающим световым сигналом.

Алгоритм работы предлагаемой локальной АСУ ТП (по ТП как сушка кирпича) предусматривает выполнение ряда процедур, краткое описание которых заключается в следующем. После резки кирпичи укладываются на СВ. После наполнения СВ начинают автоматически перемещаться к воротам камеры. По сигналу управления выполняется автоматическое открытие ворот сушильной камеры и каждая СВ загружается на одну из линий сушки, происходит проталкивание всей линии и ворота закрываются. На выходе из камеры осуществляется перемещение СВ на линию для перемещения к комплексу с целью перекладки кирпича на вагонетку для обжига.

Для сушки кирпича в туннельную сушилку подается теплый воздух из туннельной печи, проходящий по двум каналам над потолком сушилки и поступает к воздухосмесителям, распределяющим воздух равномерно по всей высоте туннелей сушилки. В следующем туннеле функционирует система с пятью вентиляторными стойками, обеспечивающими перемешивание атмосферы. Стойки жестко сцеплены между собой и перемещаются вдоль всего туннеля. Механизм подачи воздуха в сушильную камеру имеет электрифицированные шиберные заслонки, что позволяет в короткий период времени изменять технологические характеристики сушки. Разгрузка сушилки с сухими изделиями осуществляется параллельно с транспортером у входа. Вагоны с сухими изделиями перемещаются с помощью автоматического транспортировщика у выхода сушилки на напольно-цепной транспортер, который перемещает вагонетку для дальнейшей загрузки печных вагонеток.

Кирпичи после сушки перекалываются с СВ на ПВ и таким образом идет подготовка к процессу обжига. После загрузки ПВ осуществляется автоматическое перемещение ПВ к воротам предпечья. По команде оператора происходит открытие ворот предпечья и ПВ заезжают в предпечье, затем ворота закрываются.

Основная задача автоматического регулирования работы сушильной установки - поддержание оптимальных условий сушки кирпича, которые обеспечивают получение изделий высокого качества с минимальными затратами труда, сырья, топлива и электроэнергии.

Таким образом, в работе систематизированы основные задачи автоматизированного управления ТП производства кирпича и разработан алгоритм автоматизированного управления этим производством кирпича, а также предложена обобщенная структурная схема АСУ ТП, реализующая разработанный алгоритм. Более подробно проанализированы задачи автоматизации управления таким важным ТП, как сушка кирпича и предложен алгоритм автоматизированного управления этим ТП. Рассмотрены также задачи и функции всех подсистем АСУ ТП производства кирпича.

Литература

1. Схиртладзе А.Г., Федотов А.В., Хомченко В.Г. Автоматизация технологических процессов и производств. Москва: Абрис. 2018. 565 с.
2. Иванов А.А. Автоматизация технологических процессов и производств. Москва: Форум. 2016. 224 с.
3. Чаудхари Р.Р., Остроух А.В. Автоматизированная система управления технологическим процессом производства керамического кирпича// VIII Международная заочная научно-практическая конференция молодых ученых

«Теория и практика применения информационных технологий промышленности и на транспорте». Москва. 2013. с. 67-71.

4. Чаудхари Р.Р., Остроух А.В., Суркова Н.Е. Автоматизация технологических процессов производства керамического кирпича// Автоматизация и управление в технических системах. 2013. №1 (3). С.31-35.

5. Поляков В.М. Система автоматизации технологического процесса производства керамического кирпича, обладающая свойством живучести// Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Специальность 05.13.06 - Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (строительство). Белгород. 2005. 21 с.

6. Тугов В.В., Сабанчин В.Р. Автоматизация процесса обжига керамического кирпича. Оренбург: ОГУ. 2019. 150 с.

7. Сухарев О.А., Воронов С.А., Рябов А.А. Автоматизированная система управления технологическим процессом сушки и обжига керамического кирпича. Патент. RU 91418 U1. МПК. 2010.

8. Умаралиев Р.Ш., Исмоилов М.И. Автоматизированная система управления технологическим процессом обжига кирпича // Теория и практика электронного документооборота в промышленности. 2011. № 2 (50). Москва: МАДИ. С. 176-183.

9. Лаута О.С., Федоров В.Х., Баленко Е.Г., Остроумов О.А., Вершенник Е.В. Методика автоматизированного процесса управления построением сложной технической системы // Инженерный вестник Дона. 2023. №5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2023/8179.

10. Волков Д.В. Автоматическое выравнивание нагрузки в многодвигательном электроприводе // Инженерный вестник Дона. 2023. №9. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n9y2023/8690.

11. Емалетдинова Л.Ю., Кабирова А.Н., Катасев А.С. Методика разработки нейросетевых моделей регуляторов управления техническим объектом // Инженерный вестник Дона. 2023. №7. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2023/8544.

12. Khastsaev B.D. Impedance measuring converters for robotics and automated control systems // Robotics & Automation Engineering Journal. USA. 2019. Vol.4. Issue 4: RAEJ.MS.ID.555644. pp. 76-78.

13. Khastsaev B.D., Olisaeva O.V., Ambalov R.B., Techiev V.V. Determination of Trace Elements in Liquid Media by the Impedance Method // Nano Hybrids and Composites. Switzerland. 2020. ISSN: 2297-3400. Vol. 28. pp 170-174.

References

1. Skhirtladze A.G., Fedotov A.V., Khomchenko V.G. Avtomatizatsiya tekhnologicheskikh protsessov i proizvodstv. [Automation of technological processes and productions]. Moskva: Abris. 2018. 565 p.

2. Ivanov A.A. Avtomatizatsiya tekhnologicheskikh protsessov i proizvodstv. [Automation of technological processes and productions]. Moskva: Forum. 2016. 224 p.

3. Chaudkhari R.R., Ostroukh A.V. VIII Mezhdunarodnaya zaochnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya molodykh uchenykh «Teoriya i praktika primeneniya informatsionnykh tekhnologiy v promyshlennosti i na transporte». Moskva. 2013. pp. 67-71.

4. Chaudkhari R.R., Ostroukh A.V., Surkova N.E. Avtomatizatsiya i upravleniye v tekhnicheskikh sistemakh. 2013. №1 (3). pp.31-35.

5. Polyakov V.M. Sistema avtomatizatsii tekhnologicheskogo protsessa proizvodstva keramicheskogo kirpicha, obladayushchaya svoystvom zhivuchesti [A system for automating the technological process of ceramic brick production, which has the property of survivability]. Avtoreferat dissertatsii na soiskaniye



uchenoy stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk. Spetsial'nost' 05.13.06. Avtomatizatsiya i upravleniye tekhnologicheskimi protsessami i proizvodstvami (stroitel'stvo). Belgorod. 2005. 21 p.

6. Tugov V.V., Sabanchin V.R. Avtomatizatsiya protsessa obzhiga keramicheskogo kirpicha. [Automation of the ceramic brick firing process] Orenburg: OGU. 2019. 150 p.

7. Sukharev O.A., Voronov S.A., Ryabov A.A. Avtomatizirovannaya sistema upravleniya tekhnologicheskim protsessom sushki i obzhiga keramicheskogo kirpicha. [An automated control system for the technological process of drying and firing ceramic bricks] Patent. RU 91418 U1. MPK. 2010.

8. Umaraliyev R.SH., Ismoilov M.I. Teoriya i praktika elektronnoy dokumentooborota v promyshlennosti. 2011. № 2 (50), Moskva: MADI. pp. 176-183.

9. Laut O.S., Fedorov V.KH., Balenko E.G., Ostroumov O.A., Vershennik E.V. Inzhenernyj vestnik Dona. 2023. №5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2023/8179.

10. Volkov D.V. Inzhenernyj vestnik Dona. 2023. №9. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n9y2023/8690.

11. Yemaletdinova L.YU., Kabirova A.N., Katasev A.S. Inzhenernyj vestnik Dona. 2023. №7. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2023/8544.

Дата поступления: 3.03.2024

Дата публикации: 25.04.2024