

**СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОБЖИГОМ КЕРАМИЧЕСКОЙ ПЛИТКИ
В ТУННЕЛЬНОЙ ПЕЧИ**
CONTROL SYSTEM FOR FIRING CERAMIC TILES IN A TUNNEL KILN

Лободин А.Ю., инженер

Филиал ПАО «Ил» - ВАСО

Поляков С.И., к.т.н., доцент

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

г. Воронеж, Россия

lobodin98@mail.ru

Lobodin A.Y., engineer

Voronezh Aircraft Joint-Stock Company

Polyakov S.I., CSc (Engineering), Associate Professor

FSBEI HE «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after
G.F. Morozov»

Voronezh, Russian Federation

Аннотация: В статье рассматривается система управления туннельной печью для обжига керамической плитки с усовершенствованной системой движения дымовых газов и ПИД-регуляторами температуры.

Summary: The article discusses the control system of a tunnel kiln for firing ceramic tiles with an improved flue gas movement system and PID-temperature controllers.

Ключевые слова: обжиг, сушка, охлаждение, смешивание, форсунка, природный газ, атмосферный воздух, противоток, регулирование, автоматизация, вентилятор.

Keywords: firing, drying, cooling, mixing, nozzle, natural gas, atmospheric air, counterflow, regulation, automation, fan.

Обжиг – сложный физико-химический технологический процесс. Он необходим для спекания керамической массы, а также для того, чтобы полученные изделия приобрели необходимую прочность, водонепроницаемость, цвет.

В процессе обжига снижается пористость в материале и создается защитное декоративное покрытие – глазурь. Она представляет собой стеклообразное водостойкое покрытие, благодаря чему плиточное покрытие получило широкое применение в помещениях с повышенными санитарными требованиями.

Рассмотрим производство керамической плитки на предприятии с туннельной печью. По технологическому процессу керамическая масса движется по роликам в зону сушки печи, где нагревается до температуры $50-200^{\circ}\text{C}$. Далее полуфабрикат движется в зону подготовки, где нагревается до температуры $500-1000^{\circ}\text{C}$. Затем полуфабрикат поступает в зону обжига, где температура составляет $1000-1300^{\circ}\text{C}$, приобретает наиболее важные конечные свойства и отправляется в зону охлаждения, где быстро остывает до 600°C [1].

Представленная на рисунке 1 печь туннельная обеспечивает комплексную обработку сырой плитки, поступающей на обжиг, начиная от зоны сушки, далее проходя зоны подготовки и, собственно, зону обжига и заканчивая процесс в зоне охлаждения. Печь оснащена необходимым и достаточным комплексом технологического оборудования, а также исполнительных устройств для осуществления процесса обжига.

Позицией 1 обозначен сам туннель с ролями для непрерывного перемещения плитки (слева направо), вентилятор 2 обеспечивает откачку отработанного теплоносителя и далее поступления его в камеру смешивания с атмосферным воздухом и подачи смеси вентилятором 3 снова для охлаждения.

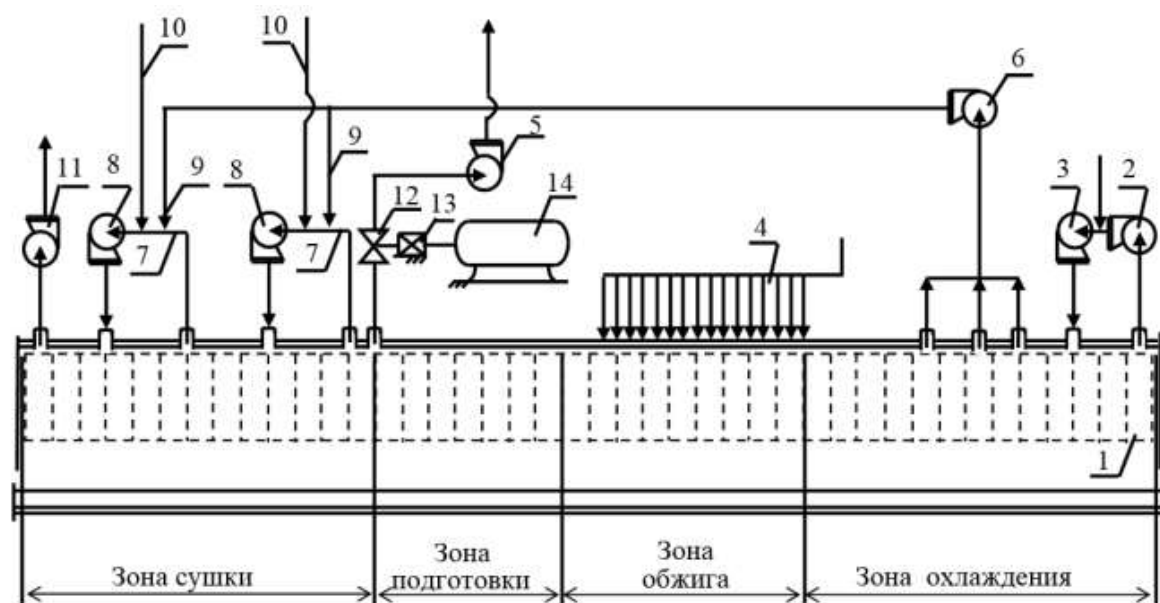


Рисунок 1 – Внешний боковой вид печи туннельного принципа действия для обжига плитки

Система подачи природного газа сжигания и образования топочных газов изображена позицией 4. Вентилятор 5, который находится в конце зоны сушки, выбрасывает дымовые газы в атмосферу.

Перед вентилятором 5 расположена система автоматического регулирования разряжения, которая обеспечивается оборудованием, состоящим из электродвигателя 14, механического преобразователя 13 и обратного клапана 12. Разряжение создается в зоне обжига по технологическим соображениям и соответствует диапазону 25-35 Па.

Вентилятор 6 откачивает теплоноситель из зоны охлаждения и по длинному трубопроводу нагнетает его в зону сушки, где происходит смешивание (позиция 9) теплоносителя с атмосферным воздухом и далее вентилятором 8 смесь подается в начало зоны сушки. Аналогичная вентиляционная система обеспечивает приток свежего воздуха и его смешивание с теплоносителем из зоны охлаждения для подачи смеси в конец зоны сушки (позиции смесителя 7, вентилятора 8 и подачи атмосферного воздуха 10).

Принцип работы туннельной печи основан на движении топочных газов, атмосферного воздуха и теплоносителя. Для этой цели смешивается атмосферный воздух с отработанным теплоносителем вентиляторами соответственно 3 и 2, за счет чего возникает перепад давлений и теплоноситель движется в направлении противоположном направлению перемещения плиток (справа налево).

В результате работы перекачивающих (позиции 2, 6, 8) и нагнетательных (позиции 3, 10) вентиляторов создается особый аэродинамический режим, который и поддерживает необходимую температуру в различных зонах печи.

Природный газ в системе 4 смешивается с атмосферным воздухом для получения необходимой концентрации газовой смеси для эффективного сгорания. Газовоздушная смесь поступает на сгорание с помощью форсунок [2].

Теплоноситель, двигаясь из зоны охлаждения в направлении зоны сушки, смешиваясь с атмосферным воздухом, изменяет свою температуру и влажность, которые поддерживаются в соответствии с технологическим регламентом на заданном уровне.

Завершающим этапом является выброс теплоносителя в атмосферу вентиляторами 10 и 11.

Для регулирования температуры внутри печи установлены ПИД-регуляторы. Их выбор обоснован тем, что точность ПИД-регуляторов в десятки раз выше регуляторов, работающих по позиционному принципу.

На рисунке 2 изображена одна отдельная секция туннельной печи, оснащенная технологическим оборудованием для осуществления регулирования теплового процесса.

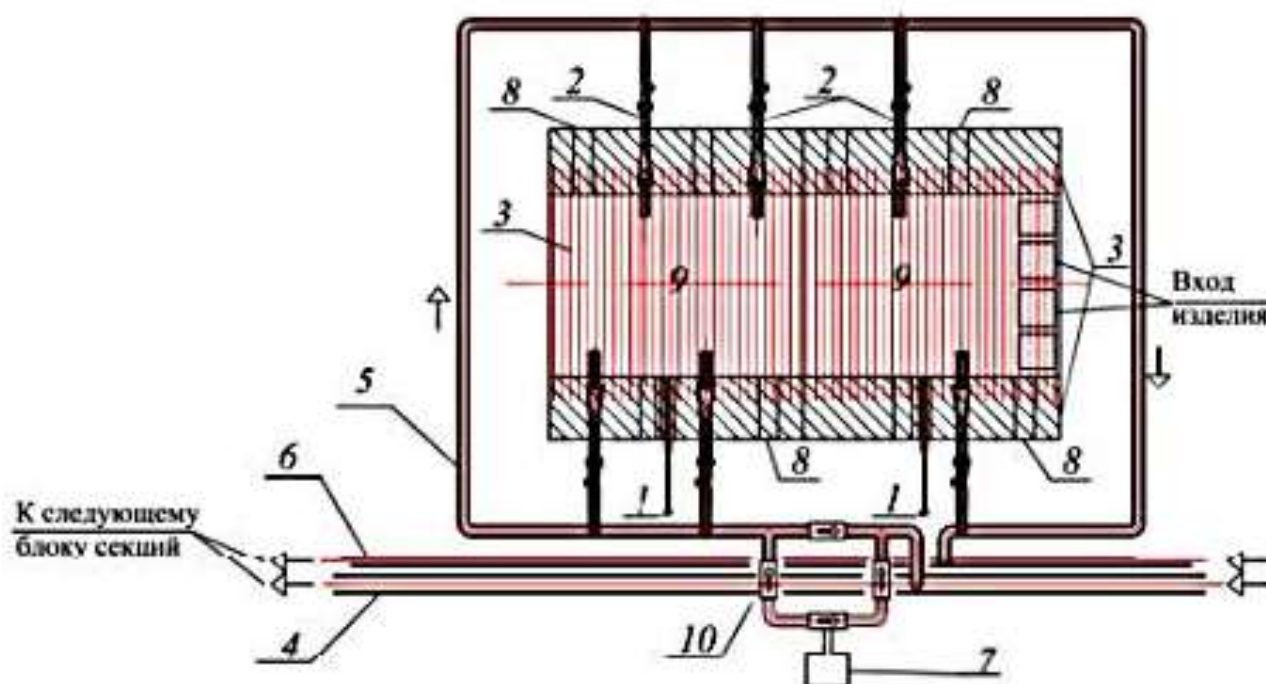


Рисунок 2 – Блок секции туннельной печи:

- 1 – первичный измерительный преобразователь температуры (термометр сопротивления или термопара); 2 – горелки для подачи природного газа;
- 3 – начало зоны секции; 4 – основной газопровод; 5 – секционный газопровод;
- 6 – дополнительный газопровод; 7 – исполнительное устройство;
- 8 – технологическое отверстие; 9 – зона тепловой обработки плиток;
- 10 – регулирующий орган (вентиль)

Контур автоматического регулирования температуры создается по типовому принципу и содержит следующий комплекс технических средств: технологические датчики температуры (например, термопары), регулятор температуры, реализующий ПИ- или ПИД-закон регулирования, исполнительный электропривод с регулирующим краном или вентилем подачи газа и (или) атмосферного воздуха. Датчики для контроля температуры в зоне не участвуют в процессе регулирования, а служат для передачи текущей информации в цифровом виде на промышленный компьютер. [3]

На рисунке 3 представлена функциональная схема автоматизации, содержащая датчики температуры, исполнительные однооборотные электрические механизмы МЭО, регулирующие краны КР-160, щиты автоматики №1...№20,

АЦП и ЦАП. Обмен информацией с промышленным компьютером выполняется через интерфейс RS-232.

Регуляторы с ПИД-законом и широтно-импульсной модуляцией образуют локальный контур регулирования и входят в состав щита автоматики.

В процессе управления происходит обработка сигнала от датчиков из аналогового в цифровой. Затем происходит сравнение входного сигнала с заданным и нахождение ошибки регулирования. Регулирующее воздействие подавляет ошибку и обеспечивает необходимое качество управления.

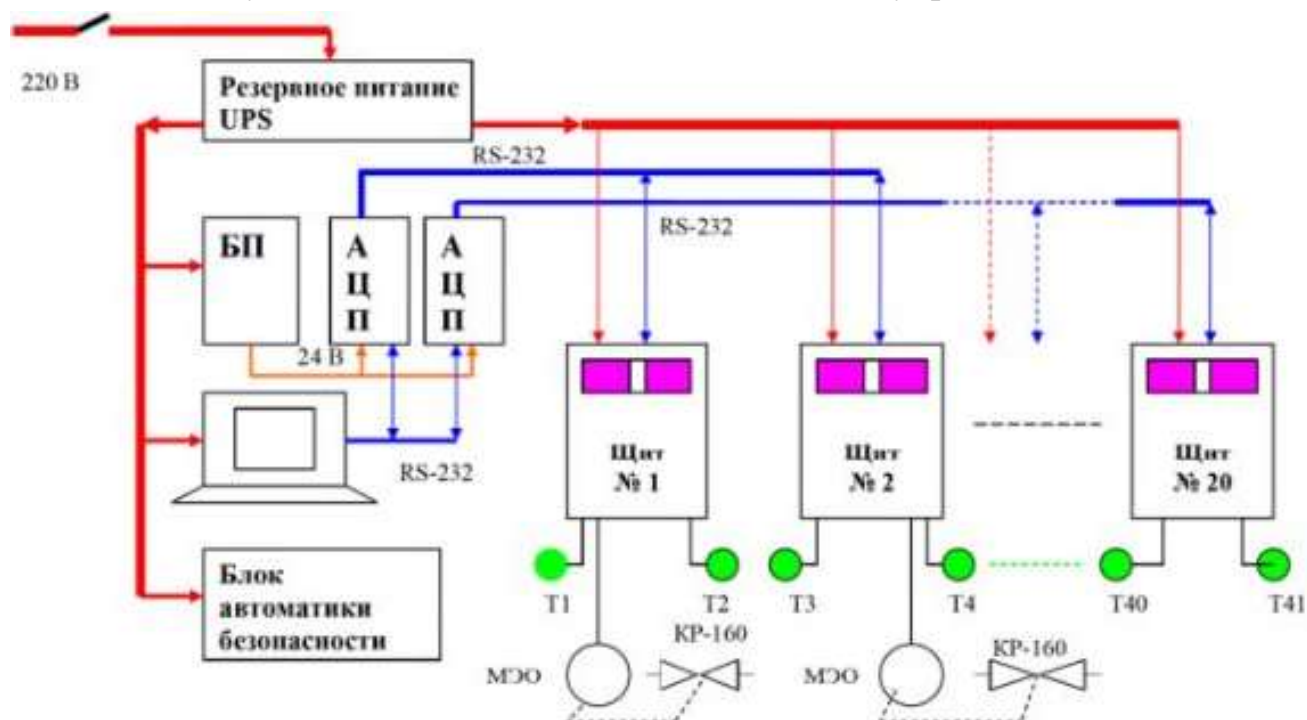


Рисунок 3 – Функциональная схема автоматизации туннельной сушилки

Таким образом, на рисунке 4 иллюстрируется исполнительная часть контура регулирования по реализации управляющего воздействия на регулируемый орган (вентиль, кран) электрического исполнительного устройства. В зависимости от выработки реверсивного сигнала управления включается прямая или обратная выходная цепь, приводящая в действие исполнительный двигатель. Вентиль меняет расход газа, интенсивность пламени и устанавливает заданный тепловой режим. При необходимости оператор корректирует параметры настройки ПИ- или ПИД-регуляторов.

Время изодрома, время предварения и коэффициенты усиления позволят реализовать необходимо качество управления [4].

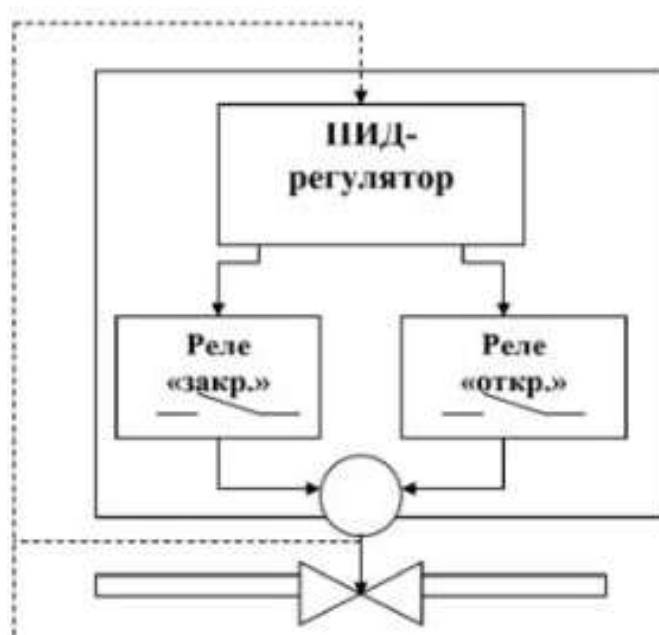


Рисунок 4 – Особенности работы ПИД - регулятора при управлении задвижкой

В заключении отметим, была рассмотрена туннельная печь с усовершенствованной системой движения дымовых газов, в которой установлены ПИД-регуляторы температуры. Исходя из полученной информации можно сделать вывод, что данная автоматизированная линия по производству керамической плитки может существенно снизить затраты на энергоносители и повысить качество как самого процесса управления, так и выпускаемой продукции.

Список литературы

1. Воликов, А.Н. Энергоэффективность модульной конструкции роликовой печи для производства керамической плитки /А.Н.Воликов, В.Б. Бируля // Вестник гражданских инженеров. –2012. –№ 5 (34). – С. 158-163.
2. Штаудте, В. Рациональное использование энергии при обжиге керамики / В.Штаудте. – М.: Легпромбытиздат, 1987. – 88 с.
3. Автоматизация металлургических печей / В.Ю. Каганов [и др.]; под ред. О.М. Блинова. – М.: Металлургия, 1975. – 376 с.
4. Шляйхер, М. Техника автоматического регулирования для практиков / М.Шляйхер. – М.: JUMO, 2006. – 273 с.

References

1. Volikov, A.N. Energy efficiency of the modular design of a roller furnace for the production of ceramic tiles / A.N. Volikov, V.B. Birulya // Bulletin of Civil Engineers. – 2012. – № 5 (34). – Pp. 158-163.

2. Staudte, V. Rational use of energy during ceramic firing / V. Staudte. – M. : Legprombytizdat, 1987. – 88 p.
3. Automation of metallurgical furnaces / V.Yu. Kaganov [et al.]; edited by O.M. Blinov, Moscow: Metallurgiya Publ., 1975. – 376 p.
4. Schleicher, M. The technique of automatic regulation for practitioners / M. Schleicher. – M. : JUMO, 2006. – 273 p.