

Модернизация парка туннельных печей производства керамического кирпича.

3. Разработка автоматизированной системы управления и контроля

**Торчинский А.И.¹, Ляшко А.Ю.¹, Крячок Ю.Н.¹,
Сергиенко А.А.¹, Волобуев С.В.², Таукчи Ф.Г.³**

¹ Институт газа НАН Украины, Киев

² ООО «СВ-Автоматизация», Киев

³ ООО Научно-производственное предприятие «ТАСК», Киев

Разработана автоматизированная система управления и контроля процессом обжига керамического кирпича. Приведен перечень информационных и управляющих функций разработанной системы, которая обеспечивает наилучшие теплотехнологические и технико-экономические показатели эксплуатируемых туннельных печей, уменьшение удельного расхода природного газа, снижение брака при обжиге, улучшение условий труда.

Ключевые слова: автоматизированная система контроля и управления процессом обжига кирпича (АСУ ОК), информационные функции АСУ ОК, управляющие функции АСУ ОК.

Розроблено автоматизовану систему управління та контролю процесом випалу керамічної цегли. Наведено перелік інформаційних та управляючих функцій розробленої системи, яка забезпечує найкращі теплотехнологічні та техніко-економічні показники тунельних печей, що експлуатуються, зниження питомої витрати природного газу, зменшення браку при випалі, покращення умов праці.

Ключові слова: автоматизована система контролю та управління процесом випалу цегли (АСУ ВЦ), інформаційні функції АСУ ВЦ, управляючі функції АСУ ВЦ.

Тенденция увеличения цены на природный газ и в связи с этим увеличение топливной составляющей в себестоимости продукции, в частности, производства керамического кирпича, заставляет все в большей степени внедрять энергосберегающие методы, оборудование, системы нагрева, которые позволяют снизить указанные затраты. Одним из методов снижения этих затрат является применение систем контроля и управления теплотехнологическим процессом. Существовавшие до недавнего времени системы контроля давали статистическую картину происходящего процесса термообработки; по этим параметрам оператор печного агрегата мог корректировать процесс в необходимом направлении. Возможность существенного повышения технико-экономических показателей печного агрегата открылась с появлением и применением на практике автоматизированных систем управления, базирующихся на логических контроллерах, управляемых персональным компьютером.

Автоматизированные системы управления теплотехнологическим процессом в печах различного назначения, как правило, существенно снижают удельные расходы природного газа,

улучшают качество термообработки за счет точного дозирования топлива на процесс термообработки. В странах СНГ автоматизированные системы контроля и управления процессом обжига керамического кирпича (АСУ ОК) были реализованы только на предприятиях, построенных по проектам зарубежных фирм «Lingle», «Ceric», «OCI», «Unimogando» и т.д. И только начиная с 2004 г., первые АСУ ОК были внедрены в Украине на туннельных печах (ОАО «Корчеватский КСМ» — 1 печь, ООО «Луцкий кирпичный завод» — 2 печи) по проектам Института газа НАН Украины.

Реализации первых проектов систем АСУ ОК на туннельных печах предшествовал поиск и исследования оптимальных конструктивных, тепловых и аэродинамических параметров действующих промышленных туннельных печей производства керамического кирпича [1–3]. Практика показала, что качество обжига, производительность печного агрегата и надежность управления теплотехнологическим процессом обеспечивается правильным проектированием: оптимальной расстановкой газогорелочных уст-

ройств, подбором их конструкции и тепловой мощности для различных позиций туннельной печи, оптимальным количеством и местом установки датчиков температуры и давлений (разрежений), применением нового (плавно регулируемого) тяго-дутьевого оборудования.

Чрезвычайно важным является выбор точек измерения и контроля температур, по которым ведется управление процессом обжига. Установлено, что по теплотехнологическим признакам важнейшие точки замеров (так называемые критические точки, на которых установка термомпар должна быть обязательной) должны охватывать следующие позиции туннельной печи: 1) первые позиции туннельной печи (температура уходящих газов), которая характеризует качество использования теплоты топлива (коэффициент полезного действия) в тепловом агрегате; 2) в зоне предварительного подогрева (температуры на позициях начала и конца полиморфных превращений α -кварца в β -кварц, по которым ведется предварительный подогрев продукции с заданной скоростью подъема температур [4]); 3) на каждой позиции зоны обжига, по температуре которой проводится управление процессом обжигом; 4) в начале и в конце зоны ускоренного охлаждения; температура в конце зоны ускоренного охлаждения является температурой начала полиморфных превращений β -кварца в α -кварц; 5) температура в конце полиморфных превращений β -кварца в α -кварц; по трем последним температурам ведется управление процессом охлаждения керамического кирпича [4].

В Институте газа были созданы скоростные газогорелочные устройства серии ГС [5–7], которые явились основой для разработанной в Институте импульсной системы отопления туннельных печей с автоматикой управления процессом обжига керамического кирпича.

Изложенные концептуальные принципы реализованы в проектах автоматического управления процессом термообработки в различных туннельных печах обжига керамического кирпича.

Институтом газа совместно с ООО «СВ-Автоматизация» и ООО «ТАСК» разработана система автоматического контроля и управления процессом обжига керамического кирпича, которая включает:

- 1) контроль параметров нагрева керамического кирпича с помощью температурных преобразователей (термопар) по длине печи. Для этого термопары устанавливаются в следующих основных местах: а) во всех точках под сводом, из которых составляется температурная кривая; б) в точках на нижних рядах садки в зоне мак-

симальных температур, где должно произойти выравнивание температуры по всей массе садки (по температурам вверху и внизу садки ориентируются о качестве процесса обжига, так как совпадение значений этих температур говорит о хорошо налаженном процессе обжига); в) в точках на нижних рядах садки в зоне предварительного подогрева (по перепаду температур на своде и внизу садки ориентируются об организации режима предварительного подогрева при помощи газогорелочных устройств, расположенных в этой зоне);

- 2) регулирование температурной кривой обжига керамического кирпича происходит по термомпарам, расположенным в своде на выходе продуктов сгорания из группы горелок или из позиции, где контролируется и регулируется эта температура (при помощи изменения нагрузок этих горелок осуществляется поддержание заданной температуры);

- 3) контроль аэродинамических параметров туннельной печи осуществляется замером давлений (разрежений) в следующих основных точках: а) в начале туннельной печи на 2–4 позициях (по давлению в этих точках оценивается аэродинамическое сопротивление садки: чем больше этот показатель при прочих равных условиях, тем больше сопротивление садки, то есть плотность садки больше); б) перед зоной максимальных температур (в этом месте должен быть аэродинамический «ноль», так как в зоне максимальных температур должно поддерживаться давление для того, чтобы не было подсосов воздуха из подвагонеточного канала и из окружающей атмосферы во избежание локального охлаждения садки); в) за зоной обжига перед зоной ускоренного охлаждения (в этом месте должно поддерживаться положительное давление, что говорит об отсутствии попадания на горячую садку холодного воздуха, который может поступать из подвагонеточного канала, из последующих позиций зоны охлаждения, из окружающей атмосферы).

Вышеуказанные контрольные точки измерения аэродинамических параметров являются обязательными. Часто по желанию Заказчика устанавливается еще один датчик давления — в подвагонеточном канале, по которому поддерживают минимальный перепад давлений (разрежений) в подвагонеточном и в рабочем канале туннельной печи.

Регулирование аэродинамики туннельной печи осуществляется при помощи установки частотных преобразователей, позволяющих плавно настраивать число оборотов вентиляторов, дымо-соса зоны предварительного подогрева и дымо-соса зоны охлаждения (рисунок).

Дымосос зоны предварительного подогрева регулируется по датчику, установленному перед зоной обжига. Поддерживается заданное давления (разрежение) в «нулевой» точке, а именно: 0 ± 1 Па. Дымосос зоны охлаждения поддерживает заданное давление на датчике, установленном перед зоной (установкой) ускоренного охлаждения, как правило, $(5-10) \pm 1$ Па. Поддержание вышеуказанных давлений исключает передвижение потоков из зоны охлаждения в зону обжига и наоборот.

Вышеизложенное соображение по контролю и регулированию параметров является обязательным и практически достаточным условием эффективной работы туннельной печи.

АСУ ОК предназначена для автоматизации управления процессом обжига керамического кирпича в туннельной печи при установке горелок на боковых стенах или на своде либо при комбинированной их установке.

Целями создания АСУ ОК являются: а) обеспечение воспроизводимости заданного температурного режима печи; б) обеспечение воспроизводимости заданного аэродинамического режима печи; в) снижение удельного расхода топлива на обжиг керамического кирпича; г) увеличение выхода годных изделий и повышение марочности кирпича; д) улучшение условий труда эксплуатационного персонала.

Оптимальный предел допускаемого значения среднеквадратичного отклонения абсолютной погрешности температур в зоне обжига печи от заданных значений лежит в интервале $1-10$ °С в зависимости от позиций, где находится садка, и от качества продукции, которую необходимо получить. Предел допускаемого значения среднеквадратичного отклонения абсолютной погрешности давления (разрежения) в печи от заданных значений составляет 1 Па.

Достижение вышеназванных целей обеспечивается реализацией информационных и управляющих функций АСУ ОК.

Информационные функции АСУ ОК: а) фиксация момента проталкивания состава вагонеток в печи; б) сбор и предварительная обработка сигналов от датчиков технологических

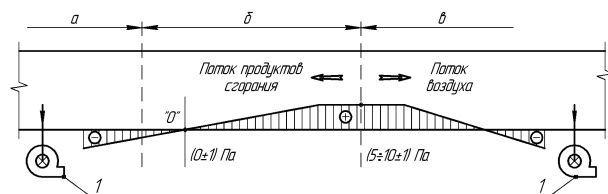


Схема оптимальной эпюры давлений (разрежений) в туннельной печи, регулируемой дымососами с частотными преобразователями (1): а — зона подогрева; б — зона обжига; в — зона охлаждения.

параметров; в) диагностирование состояния автоматизированного технологического комплекса (АТК) «Обжиговая печь — АСУ ОК»; г) расчет среднемассовых температур керамического кирпича на позициях зоны обжига; д) фиксация момента окончания стадии обжига, определяемого заданным темпом толканий; е) расчет недожога и расчет длительности стадии гарантированного обжига, обеспечивающей заданный температурный режим печи; ж) сигнализация требования перехода на стадию гарантированного обжига; з) фиксация момента окончания стадии гарантированного обжига и сигнализация требования на очередное толкание; и) формирование требования на перевод садки в режим томления (уменьшение подачи топлива на горелки) при отсутствии очередного толкания и сигнализация перевода; к) формирование и вывод по вызову оператора на монитор ПК видеокладов: мнемосхемы печи; температурного графика туннельной печи; аэродинамического графика туннельной печи; мнемосхемы позиций нагрева и обжига; распределения температуры в садке; л) формирование и распечатка по вызову оператора документов: рапорт о текущем состоянии технологического процесса; сводка технико-экономических показателей работы печи; м) архивирование технологических показателей на срок до одного года.

Управляющие функции АСУ ОК: а) стабилизация температурного режима (*Примечание:* реализуется импульсное регулирование подачи газа (широотно-импульсная модуляция), чем обеспечивается повышение надежности технических средств и возможность программного секционирования горелок, а также перевода факелов на «малое» пламя при толкании с целью предотвращения пережога кирпича на уровне горелок и экономии топлива; для этого на группе газогорелочных устройств, охватывающих одну позицию печи, устанавливаются газовые краны с электроприводом с целью обеспечения настройки минимальной тепловой мощности газогорелочных устройств для исключения погасания факелов, а также с целью настройки максимальной тепловой мощности газогорелочных устройств); б) стабилизация аэродинамического режима печи (*Примечание:* стабилизация разрежения (давления) в печи может осуществляться изменением числа оборотов дымососа (наиболее эффективно) или поворотной заслонкой с электроприводом); в) перевод садки печи в стадию гарантированного обжига; г) перевод садки в стадию томления; д) тепловая защита печи и технологического оборудования (*Примечание:* реализация импульсного регулирования сжигания топлива в печи включает в себя систему регулирова-

Внедрение АСУ ОК на туннельных печах

| №№ п/п | Предприятие | Количество печей, шт. | Размеры печи, м |
|--------|---|-----------------------|-----------------|
| 1 | Корчеватский КСМ, Киев | 1 | 3 × 93 |
| 2 | Кирпичный завод № 1, г. Луцк | 2 | 3 × 105 |
| 3 | Завод «Керамик», г. Винница | 1 | 3 × 120 |
| 4 | Кировоградский кирпичный завод, г. Новгородка | 1 | 12 × 76 |
| 5 | ООО «Кирпичный завод «Альтком»», г. Очеретино Донецкой обл. | 1 | 4,7 × 154 |
| 6 | ОАО «Самборский завод строительной керамики», г. Самбор, Львовская обл. | 1 | 2 × 76 |
| 7 | ООО «Керамик» г. Магдалиновка Днепропетровской обл. | 1 | 2 × 68 |
| 8 | СП «Тристалко», г. Жовква, Львовская обл. | 1 | 4,7 × 105 |
| 9 | ООО «ПП «Нерудстройпром», г. Пятихатки, Днепропетровская обл. | 1 | 2,4 × 105 |
| 10 | ООО «Ахали метехи», Грузия | 1 | 2 × 105 |

ния коэффициента избытка воздуха (соотношение газ : воздух) с целью увеличения ожидаемой экономии топлива на обжиг кирпича; на воздуховодах группы газогорелочных устройств, охватывающих одну позицию печи, устанавливаются поворотные заслонки с электроприводом, которые автоматически уменьшают расход воздуха при переводе горелок на «малое» пламя; степень прикрытия настраивается вручную с учетом реальных характеристик газогорелочных устройств; стабилизация давления воздуха на горение осуществляется изменением числа оборотов дутьевого вентилятора (наиболее эффективно) или поворотной заслонкой с электроприводом).

АСУ ОК является иерархической двухуровневой. На нижнем уровне (регулирования) реализуются непрерывно выполняемые управляющие функции, на верхнем уровне (информационном) — дискретно выполняемые информационные функции.

Основной режим функционирования АСУ ОК — автоматический. В этом режиме все управляющие и информационные функции реализуются программно-техническими средствами АСУ ОК без вмешательства человека.

Возможно использование АСУ ОК в режиме советчика. При этом оператором вручную реализуются функции перевода садки печи в стадию гарантированного обжига и томления, остальные функции реализуются автоматически.

Комплекс технических средств АСУ ОК включает измерительную аппаратуру (датчики и первичные преобразователи), исполнительную аппаратуру (электроприводы газовых кранов и электроприводы воздушных заслонок) и программно-технический комплекс средств автоматизации (ПТКСА). Он включает программируемый логический контроллер (ПЛК) (изготовитель — Mitsubishi Electric) и офисный компьютер (ПК).

ПЛК реализует функции нижнего уровня АСУ ОК, ПК — верхнего уровня АСУ ОК.

Поставляемое разработчиком программное обеспечение для ПК является модульным и допускает модификацию и расширение.

Визуализация процесса осуществляется программой пользователя с полной графической поддержкой мощным программным пакетом визуализации MX-SCADA.

Комплектация ПТКСА, его монтаж, наладка и сопровождение осуществляется Разработчиком.

Для автоматического поддержания температуры в зоне обжига и предварительного подогрева применен импульсно-ритмический режим работы газогорелочных устройств, при котором изменение тепловой мощности осуществляется переводом факелов газогорелочных устройств на «малое» пламя при превышении температуры выше заданной и на «большое» пламя при снижении температуры ниже заданной. Перевод горелок на «малое» или «большое» пламя осуществляется при помощи заслонок с электрическим приводом, а в зоне интенсивного охлаждения автоматическое поддержание температуры полиморфных превращений кварца осуществляется изменением частоты вращения двигателя вентилятора установки ускоренного охлаждения, управляемого при помощи частотного преобразователя.

В зоне предварительного подогрева для регулирования скорости подъема температуры разработан особый метод регулирования, основанный на методе широтно-импульсной модуляции управляющих сигналов, при котором изменение скорости подъема температуры выполняется изменением интервала частот между импульсом и паузой (в данном случае импульс — «большое» пламя, пауза — «малое» пламя).

Операторское отделение туннельных печей на кирпичном заводе состоит из шкафа управления с контроллером, на лицевую панель которого выведена сигнализация автоматике безопасности, персонального компьютера, монитора, на котором изображаются все контролируемые и регулируемые параметры.

Разработанная система АСУ ОК внедрена на туннельных печах (таблица).

Многолетний опыт эксплуатации туннельных печей с использованием автоматизированной системы управления и контроля процессом обжига керамического кирпича показал, что АСУ ОК обеспечивает: а) снижение удельного расхода топлива на 6–8 %; б) увеличение выхода годных изделий на 2 % и более; в) улучшение условий труда эксплуатационного персонала за счет информационного обеспечения процесса принятия решений по управлению обжи-

гом кирпича и автоматизации ручных воздействий на управляемый объект; г) экономию на условно постоянных и условно переменных затратах в себестоимости керамического кирпича за счет повышения выхода годных изделий, повышения марочности кирпича, увеличения производительности печи и снижения удельного расхода топлива на обжиг кирпича.

Вышеперечисленные преимущества туннельных печей обжига керамического кирпича, оснащенных автоматизированной системой управления и контроля, подтверждаются многочисленными актами внедрения.

Список литературы

1. Торчинский А.И., Величко Ю.М. Эффективная тепловая схема туннельных печей обжига керамического кирпича и горелки для ее реализации // Строит. материалы и изделия. — 2000. — Спец. вып.
2. Торчинский А.И., Величко Ю.М., Павловский Г.Н., Поляков Г.Н. Усовершенствование тепловой
3. Торчинский А.И., Поляков Г.Н. Опыт освоения скоростных горелок серии ГС на туннельных печах обжига керамического кирпича // Там же. — № 5–6. — С. 26–28.
4. Нохратян К.А. Сушка и обжиг в промышленности строительной керамики. — М.: Госстройиздат, 1962. — 602 с.
5. Торчинский А.И., Павловский Г.Н., Величко Ю.М. Эффективность скоростных газовых горелок ГС // Тез. докл. семинара «Энергосберегающие технологии производства строительных материалов и изделий». — Киев, 1995. — С. 6.
6. Пат. UA 28025, МПК⁶ С 2 F 23 D 14/00. Газовая горелка / А.И.Торчинский, Г.Н.Павловский. — Оpubл. 2000, Бюл. № 5.
7. Пат. 27849 Укр., МПК⁶ С 2 F 23 D 14/00. Газовая горелка / А.И.Торчинский, Г.Н.Павловский, Ю.М.Величко и др. — Оpubл. 05.06.2000, Бюл. № 5.

Поступила в редакцию 16.06.10

Tunnel Furnaces Stock for Ceramic Brick Manufacture Modernization. 3. The Automatic Control System Development *Torchinskij A.I.¹, Ljashko A.J.¹, Krjachok J.N.¹, Sergienko A.A.¹, Volobuev S.V.², Taukchi F.G.³*

¹ *The Gas Institute of NASU, Kiev*

² *JSC «SV-Automation», Kiev*

³ *JSC Research and Production Enterprise «TASK», Kiev*

The automated control system for ceramic brick roasting process is developed. The system informational and control functions list is adduced. The system provides optimal heating engineering, technical and economic parameters of maintained tunnel furnaces, natural gas rate reduction, roasting rejects decrease and personnel work improvement.

Key words: automated control system of ceramic brick roasting process, informational functions, control functions.

Received June 16, 2010