

Приборы и оборудование

УДК 666.3.041.55

Торчинский А.И.¹, канд. техн. наук, **Ляшко А.Ю.¹**,
Шкарлинский О.Ф.², канд. техн. наук, **Чичуа З.³**, **Волобуев С.В.²**

¹ **Институт газа НАН Украины, Киев**

ул. Дегтяревская, 39, 03113 Киев, Украина, e-mail: tor_ingaz@mail.ru

² **ООО «НПП «ПРОМГАЗТЕХНО», Киев**

ул. Шамрыло, 3А, оф. 22, 04112 Киев, Украина, e-mail: taniori@voliacable.com

³ **ООО «Метехис керамика», ст. Метехи**

Каспи, ст. Метехи, Грузия, e-mail: info@bricks.ge

Внедрение энергосберегающего оборудования для обжига керамического кирпича в туннельной печи

Проведен анализ технических решений, использованных в болгарских проектах туннельных печей обжига керамического кирпича. На примере предприятия ООО «Метехис керамика» (Грузия) показаны недостатки, вызванные устаревшим теплотехническим оборудованием, и необходимые пути модернизации туннельных печей обжига керамического кирпича, построенных по болгарским проектам. Основу модернизации составляют такие мероприятия: замена устаревших газогорелочных устройств на современные горелки; расширение зоны обжига за счет установки газогорелочных устройств на позициях зоны предварительного подогрева; внедрение современной системы автоматического контроля и регулирования тепловым и аэродинамическим процессами. Разработана принципиальная схема туннельной печи обжига керамического кирпича, включающая современное теплотехническое оборудование и автоматику регулирования теплового и аэродинамического режимов. Приведены обоснования преимуществ примененного современного оборудования и современной системы автоматизации для улучшения качества выпускаемой продукции, увеличения производительности туннельной печи и снижения удельного расхода природного газа. *Библ. 5, рис. 3.*

Ключевые слова: туннельная печь, керамический кирпич, газогорелочное устройство, качество обжига, теплоизоляционный свод.

В конце 1980-х гг. в СССР было очень распространено строительство заводов по проекту, разработанному болгарскими специалистами. В те годы этот проект был очень прогрессивным, так как на всех своих переделах имел технику на уровне лучших (на то время) мировых стандартов. После распада СССР вышеуказанные заводы остались в разных странах СНГ. Особенно много таких заводов оказалось на территории России.

В Украине было построено два таких завода: в пос. Загвиздя Ивано-Франковской обл. и в пос. Плавинище Роменского р-на Сумской обл. По истечению времени эта техника морально устаревала и в конце 1990-х гг. — начале XXI ст. болгарскую технику стали заменять более современной. В Украине модернизацией заводов, выполненных по болгарским проектам, занималась фирма «SERIC». Так, например, завод в пос. Плавинище построен болгарскими

специалистами в 1989 г., а в 1998 г. французской компанией «CERIC» выполнен его капитальный ремонт. Обновление претерпели туннельные печи и формовочное оборудование. В 2000–2002 гг. такие же изменения выполнила компания «CERIC» на заводе в пос. Загвиздя.

На территории Грузии, станция Метехи, в 1988–1990 гг. был введен в эксплуатацию завод по производству керамического кирпича, выполненный по болгарскому проекту. Этот завод до 2013 г. успешно работал, производя достаточно качественный керамический кирпич. Однако, на протяжении последних 10-ти лет печное, сушильное, технологическое оборудование [1] требовало модернизации. В конце 2014 г. появилась финансовая возможность выполнить модернизацию самой туннельной печи обжига, так как процесс выпуска керамического кирпича лимитировался ее производительностью на уровне 14 толканий вагонеток в сутки (56–60 тыс. усл. кирпича в сутки).

В планы модернизации входило следующее.

1. Замена газогорелочного оборудования. Горелки типа «вулкан-газ» было решено поменять на одни из лучших горелок, которые существовали на территории СНГ, — газогорелочные устройства серии ГС [2, 3] (разработчик — Институт газа НАН Украины).

2. Расширение зоны обжига за счет установки газогорелочных устройств серии ГС на позициях зоны предварительного подогрева [4].

3. Внедрение новой схемы автоматического регулирования тепловым и аэродинамическим процессом [5]. Старая система автоматики, базировавшаяся на релейных схемах, была заменена на автоматику, которая базируется на современном контроллере «Mitsubishi». При этом система автоматики должна охватывать тепловой процесс (поддержание заданной кривой обжига) и аэродинамический процесс (поддержание заданной аэродинамической кривой).

4. Создание зоны ускоренного охлаждения.

5. Замена существующей установки подачи воздуха в зону охлаждения в виде щелевой воздушной завесы на установку финишного охлаждения с увеличенным (по сравнению с существующим) объемом подачи холодного воздуха.

6. Замена свода из плит шамотно-волоконистых (ПШВ) на плиты из муллитокремнеземистого фетра (ПМКРФ).

На рис.1 представлена разработанная принципиальная схема туннельной печи обжига предприятия ООО «Метехис керамика». Видно размещение нового теплотехнического оборудования и оборудования системы КИПиА: газогорелочные устройства, установка ускоренного охлаждения, установка финишного охлажде-

ния, датчики давления, термопары, частотные преобразователи, заслонки с дистанционным автоматическим управлением и т.д.

На туннельной печи обжига были установлены газогорелочные устройства серии ГС в количестве 95 шт., причем на своде печи установлена 81 горелка серии ГС. Из всех сводовых горелок 72 шт. — это горелки серии ГС без электророзжига и контроля пламени (поз. 20/21–28), а 9 шт. — это горелки серии ГС с электророзжигом и контролем пламени (поз. 19–20). На боковых стенах туннельной печи установлены 14 газогорелочных устройств серии ГС–120 в исполнении с электророзжигом и контролем пламени (поз. 15–19).

Система КИПиА включает измерительную аппаратуру (датчики и первичные преобразователи), исполнительную аппаратуру (электроприводы регулирующих органов) и программно-технический комплекс средств автоматизации, который базируется на программном логическом контроллере «Mitsubishi» с выводом всех контролируемых и управляемых параметров на монитор персонального компьютера (см. рис.1).

На каждой позиции зоны предварительного подогрева, обжига и охлаждения установлены преобразователи температуры, из которых токовый сигнал подается в контроллер. Через него осуществляется автоматическое управление заслонками с электроприводами, установленными на газогорелочных устройствах. Для автоматического поддержания температуры применен импульсно-ритмический режим работы газогорелочных устройств, при котором изменение тепловой мощности осуществляется переходом факелов газогорелочных устройств на «малое пламя» при превышении температуры выше заданной и на «большое пламя» при снижении температуры ниже заданной.

В зоне предварительного подогрева скорость нагревания регулируется. Для этой цели применен метод широтно-импульсной модуляции управляющих сигналов, при котором изменение скорости подъема температуры выполняется изменением интервала частот между импульсом и паузой (в этом случае импульс — «большое пламя», пауза — «малое пламя»).

Компоновка системы газо-воздухопроводов печи выполнена таким образом, чтобы ее можно было бы быстро приспособить (переналадить) под любую производительность туннельной печи, изменяющуюся в широком диапазоне. Для этого система газо-воздухопроводов была разделена на четыре зоны регулирования: две зоны охватывают сводовые горелки и две зоны охва-

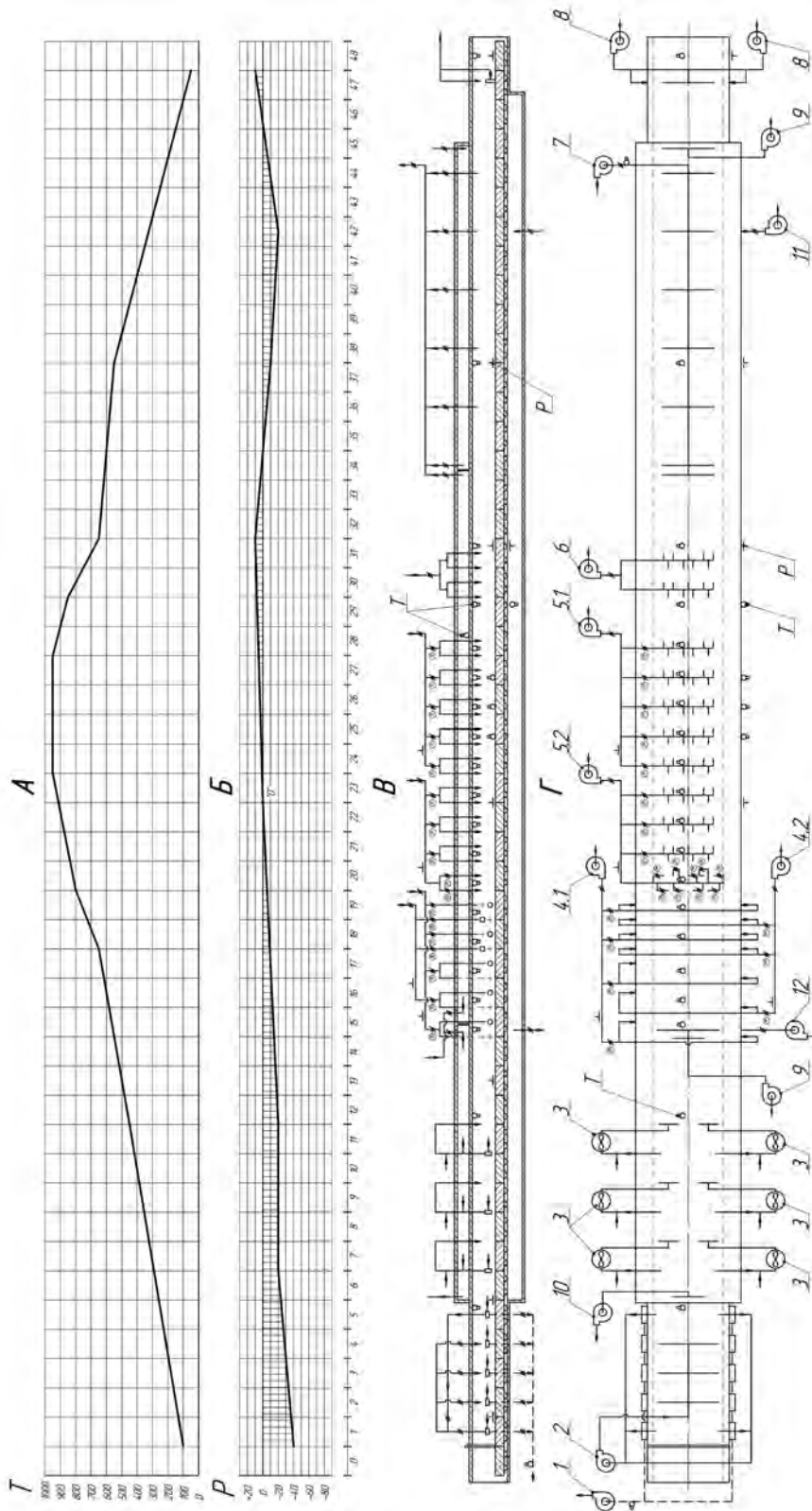


Рис. 1. Принципиальная схема туннельной печи обжигата: А – температурный режим обжигата (Т, °С); Б – кривая давления печи (Р, Па); В – схема газо-воздушных потоков; Г – отопительно-вентиляционная схема; 1* – дымосос отбора дымовых газов; 2 – вентилятор «холодной» рециркуляции; 3 – вентилятор «горячей» рециркуляции; 4.1*, 4.2* – вентиляторы подачи воздуха к боковым горелкам; 5.1*, 5.2* – вентиляторы подачи воздуха к сводовым горелкам; 6* – вентилятор интенсивного охлаждения; 7 – дымосос отбора горячего воздуха на сушила; 8* – вентилятор финишного охлаждения; 9 – вентилятор подачи воздуха в межсводный канал; 10 – вентилятор отбора воздуха из межсводного канала; 11 – вентилятор подачи воздуха в подвагонеточный канал; 12 – вентилятор отбора воздуха из подвагонеточного канала; Р – датчики давления; Т – термометры (* – вентиляторы, укомплектованные регулятором оборотов двигателя).

тывают боковые горелки (в соответствии с рис.1, первая зона обслуживается вентилятором 5.1, вторая — вентилятором 5.2, третья — вентилятором 4.1, четвертая — вентилятором 4.2). Такое разделение на зоны регулирования позволяет в оптимальном режиме работать при различных производительностях печи. На небольшой производительности на туннельной печи работает только первая зона регулирования. На средней производительности в работу подключается вторая зона регулирования, и работают первая и вторая зоны регулирования. На большой производительности в работу подключаются третья и четвертая зоны регулирования. Таким образом, работают все зоны регулирования. Кроме того, разделение на зоны регулирования дает возможность с меньшими потерями эксплуатировать печь при выходе из строя какого-либо оборудования (например, вентилятора), когда не работает только одна зона регулирования, остальные остаются в работе. Таким образом «жизнеспособность» всей системы повышается. При разделении на зоны регулирования автоматика, которая поддерживает постоянно давление в коллекторах, более точно справляется со своей задачей, так как на нее действует намного меньше возмущающих параметров.

Комплектация регулятором оборотов двигателя вентиляторов подачи воздуха на газогорелочные устройства в каждой зоне регулирования дает возможность стабилизировать заданное давление воздуха в коллекторе, что обуславливает наличие заданного расхода на горелках, работающих на «большом пламени» при переходе других горелок на «малое пламя», а также переводить вентилятор на малые обороты при переходе горелок на «малое пламя» при проталкивании вагонеток. Последнее позволяет значительно уменьшить потребление электроэнергии (при этом также осуществляется ранее упомянутая стабилизация давления воздуха в коллекторе на заданном уровне). Точно так же комплектация системы газопроводов каждой зоны регулирования стабилизатором давления газа позволяет удерживать в коллекторе газа заданное давление газа при любых колебания газа перед стабилизатором или за ним (то есть иметь на горелках всегда заданный расход природного газа).

Аэродинамическая кривая туннельной печи поддерживается с двух сторон: со стороны зоны предварительного подогрева — изменением оборотов вращения двигателя дымососа туннельной печи (так как дымосос оснащен регулятором оборотов двигателя); со стороны зоны

финишного охлаждения — изменением оборотов вращения двигателя вентилятора финишного охлаждения (так как этот вентилятор также оснащен регулятором оборотов двигателя).

В границы проектирования системы автоматика туннельной печи входят [3]:

- задание срока обжига и начала толкания вагонеток, о чем сигнализируют звуковой и световой сигналы;
- задание срока начала выталкивания вагонеток, о чем сигнализируют звуковой и световой сигналы;
- контроль за включением или отключением вентиляторов туннельной печи;
- архивация всех параметров туннельной печи за 7 сут;
- возможность создания отчета действий оператора за весь период эксплуатации печи;
- контроль и автоматическое поддержание температурных и аэродинамических параметров;
- контроль за параметрами безопасности туннельной печи;
- возможность задания температурных и аэродинамических параметров в любом количестве с клавиатуры компьютера.

В болгарском проекте на туннельных печах обжига керамического кирпича не предусматривалась зона ускоренного охлаждения. По этой причине, как правило, керамический кирпич, имеющий температуру выше 650 °С, попадал в зону финишного охлаждения, где охлаждался со скоростью, намного превышающей заданную (заданная скорость охлаждения в диапазоне полиморфных превращений кварца 630–530 °С составляет не более 20–25 °С).

Нами была спроектирована и смонтирована установка ускоренного охлаждения, состоящая из системы воздухоохлаждаемых сопел и вентилятора, укомплектованного регулятором оборотов двигателя (см. рис.1). Эта установка дает возможность интенсивно понизить температуру от 850 до 630 °С (в этом диапазоне разрешено понижение температуры со значительной скоростью). На выходе из зоны ускоренного охлаждения температура 630 °С автоматически поддерживается изменением оборотов двигателя вентилятора установки ускоренного охлаждения, управляемого с помощью преобразователя частоты переменного тока. Далее керамический кирпич попадает в зону полиморфных превращений кварца, которая состоит как минимум из пяти позиций, проходя через которые керамический кирпич охлаждается от 630 до 530 °С; таким образом температура в зоне полиморфных превращений кварца изменяется со скоростью не более 20 °С/ч.

В болгарском проекте система финишного охлаждения была не совсем корректно рассчитана. Подразумевалось, что система, состоящая из вентилятора производительностью 20 тыс. м³/ч с напором 1 кПа и шириной щели 2 см, расположенной по поперечному сечению печи на поз. 47, будет работать как воздушная завеса, то есть предотвращать поступление воздуха из окружающей атмосферы в печь и, наоборот, предотвращать утечку горячего воздуха из зоны охлаждения в окружающую атмосферу, поэтому не были предусмотрены ворота на выгрузке из печи. Однако в связи с большим сопротивлением щели воздух не нагнетался вентилятором в нужном количестве и с необходимой скоростью, что не предотвращало движения газов из печи и, наоборот, в печь. Это приводило к неконтролируемому изменению аэродинамических параметров по всей длине туннельной печи.

В связи с вышеупомянутым в конце туннельной печи были выполнены следующие мероприятия, которые осуществляются на установке финишного охлаждения:

- на выгрузке из печи были установлены ворота;
- на поз. 47 щелевой зазор, который был расположен по поперечному сечению, заменен на отверстия прямоугольной формы, расположенные в верхней части боковых стен друг напротив друга. Площадь этих отверстий была рассчитана на производительность в 2 раза большую, чем в проекте, выполненном болгарскими специалистами;
- необходимая производительность финишного охлаждения была обеспечена установкой второго вентилятора, аналогичного существующему;
- один из этих вентиляторов установки финишного охлаждения работает в постоянном



Рис.2. Общий вид плит теплоизоляционного свода с гильзами (подготовленные к отправке): 1 — плиты из муллитокремнеземистого волокна; 2 — гильзы из жаростойкой высоколегированной стали для установки сводовых горелок.

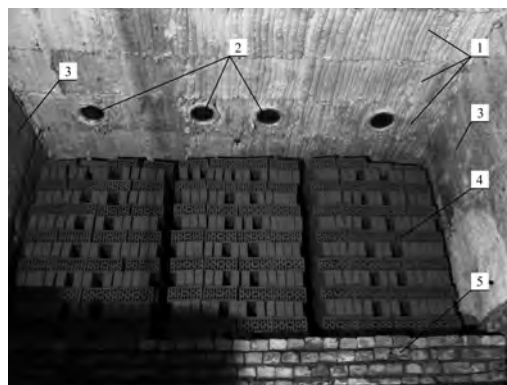


Рис.3. Теплоизоляционный свод в рабочем канале печи после эксплуатации: 1 — плиты из муллитокремнеземистого волокна; 2 — гильзы из жаростойкой высоколегированной стали с установленными сводовыми горелками; 3 — боковая стена рабочего канала; 4 — садка; 5 — вагонетка.

режиме, обеспечивая минимально необходимую производительность; второй — укомплектован регулятором оборотов двигателя и осуществляет корректировку аэродинамических параметров в соответствии с заданными значениями.

В результате выполнения вышеупомянутых мероприятий были стабилизированы аэродинамические параметры зоны охлаждения, что, в свою очередь, стабилизировало аэродинамические параметры в целом всей печи при синхронной поддержке этих параметров дымососом туннельной печи со стороны зоны предварительного подогрева. При этом происходило полное охлаждение керамического кирпича (до 20 °С), покидающего туннельную печь, что обеспечивало максимально возможное поступление горячего воздуха на сушку.

На туннельной печи старый теплоизоляционный свод был заменен на свод из эффективного теплоизоляционного материала — муллитокремнеземистого фетра.

Новая конструкция свода печи состоит из подвесных плит размером 3900 × 470 × 300 мм, которые набираются покупными блоками, выполненными из муллитокремнеземистого фетра с объемным весом 200 кг/м³ и максимальной допустимой рабочей температурой 1200 °С. В плитах предусмотрены гильзы для установки горелок, выполненные из жаростойкой высоколегированной стали.

Теплоизоляционными плитами выложен нижний свод обжигового канала туннельной печи. У плит из муллитокремнеземистого фетра при температуре 20 °С коэффициент теплопроводности находится в пределах 0,064–0,07 Вт/(м·°С). Для сравнения: свод из жаростойкого бетона с объемным весом около 1250 кг/м³ имеет коэффициент теплопроводности при температуре 20 °С в пределах

0,29–0,34 Вт/(м·°С). Основне переваження установлених плит те, що при рівній товщині у плит из муллітокремнеземистого фетра втрати теплоти будуть в 4,53–4,86 раз менше, ніж у плит из жаростійкого бетону.

Для тунельної печі ООО «Метехіс кераміка» плити виготовлялись в виробничному цеху Інституту газу НАН України (Київ). Об'єданий вид теплоізоляційних плит свода показаний на рис.2.

В період експлуатації температура в міжсводовому каналі не піднімалась вище 100 °С, а на зовнішній поверхні свода температура не перевищала 30 °С. На рис.3 показаний свод після експлуатації. Фото виконано в час планового міжремонтного періоду. Видно, що внутрішня поверхність муллітокремнеземистого покриття і металічні частини горелочних гильз знаходяться в відмінному стані.

Висновки

В 2014–2015 гг. були виконані проектні, конструкторські, монтажні, налагодочні роботи по впровадженню розробок Інституту газу НАН України на тунельній печі обжигу керамічного цегли підприємства ООО «Метехіс кераміка» (Грузія) в формі нового газогорелочного обладнання, сучасної системи автоматичного управління, застосування ефективних теплоізоляційних матеріалів. Тунельна печі з новим теплотехнічним обладнанням і системою автоматичного контролю і управління процесом обжигу і аеродинаміки була пущена в експлуатацію в вересні 2015 г. По завершенні всіх вищеперелічених робіт тунельна печі по своїм техно-

логічним параметрам забезпечувала високе якість обжигу і збільшення продуктивності, по енергетичним параметрам — зменшення удільного витрати палива, по експлуатаційним параметрам — покращення зручності експлуатації, інформованості персоналу об основних параметрах процесу, а також можливість швидко і якісно впливати на цей процес, що відповідає сучасним тенденціям в цій галузі. В результаті продуктивність печі зросла з 12 до 18 толкацій вагонеток в добу (збільшення 50 %), удільний витрати природного газу зменшилася з 155 до 118 м³/1000 шт. умовно-горілого цегли (зменшення 30 %).

Список літератури

1. Роговий М.І. Теплотехнічне обладнання керамічних заводів. — М.: Стройиздат, 1983. — 367 с.
2. Пат. 28025 Укр., МПК⁶ С 2 F 23 D 14/00. Газова горелка / А.І.Торчинський, Г.Н.Павловський. — Опубл. 16.10.2000, Бюл. № 5.
3. Пат. 27849 Укр., МПК⁶ С 2 F 23 D 14/00. Газова горелка / А.І.Торчинський, Г.Н.Павловський, Ю.М.Величко. — Опубл. 16.10.2000, Бюл. № 5.
4. Торчинський А.І., Ляшко А.Ю., Сергієнко А.А. Модернізація парку тунельних печей виробництва керамічного цегли. 2. Совершенствование системи опалення печей // Енерготехнології і ресурсозбереження. — 2010. — № 2. — С. 57–60.
5. Торчинський А.І., Ляшко А.Ю., Крячок Ю.Н. Модернізація парку тунельних печей виробництва керамічного цегли. 3. Розробка автоматизованої системи управління і контролю // Енерготехнології і ресурсозбереження. — 2011. — № 1. — С. 69–73.

Поступила в редакцію 09.03.17

Торчинський А.І.¹, канд. техн. наук, Ляшко О.Ю.¹, Шкарлінський О.Ф.², канд. техн. наук, Чичуа З.³, Волобуєв С.В.²

¹ Інститут газу НАН України, Київ

вул. Дегтярівська, 39, 03113 Київ, Україна, e-mail: tor_ingaz@mail.ru

² ТОВ «НВП «ПРОМГАЗТЕХНО», Київ

вул. Шамрила, 3А, оф. 22, 04112 Київ, Україна, e-mail: taniori@voliacable.com

³ ТОВ «Метехіс кераміка», ст. Метехі

Каспі, ст. Метехі, Грузія, e-mail: info@bricks.ge

Впровадження енергозберігаючого устаткування для випалу керамічної цегли в тунельній печі

Проведено аналіз технічних рішень, використаних у болгарських проектах тунельних печей випалу керамічної цегли. На прикладі підприємства ТОВ «Метехіс кераміка» (Грузія) показано недоліки, спричинені застарілим теплотехнічним устаткуванням, та необхідні шляхи модернізації тунельних печей випалу керамічної цегли, побудованих за болгарськими проектами. Основу модернізації складають такі чинники: заміна за-

старілих газопальникових пристроїв на сучасні пальники; розширення зони випалу за рахунок встановлення газопальникових пристроїв на позиціях зони попереднього підігріву; впровадження сучасної системи автоматичного контролю та регулювання тепловим та аеродинамічним процесами. Розроблено принципову схему тунельної печі випалу керамічної цегли, що має сучасне теплотехнічне устаткування та автоматизацію регулювання тепловим та аеродинамічним режимами. Наведено обґрунтування переваг застосованого сучасного устаткування та сучасної системи автоматизації для поліпшення якості продукції, що випускається, збільшення продуктивності тунельної печі та зниження питомої витрати природного газу. *Бібл. 5, рис. 3.*

Ключові слова: тунельна піч, керамічна цегла, газопальниковий пристрій, якість випалу, теплоізоляційне склепіння.

Torchinskij A.I.¹, *Candidate of Technical Sciences*, **Ljashko A.Yu.**¹,
Shkarlinskij O.F.², *Candidate of Technical Sciences*,
Chichua Z.³, **Volobuev S.V.**²

¹ *The Gas Institute of National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev*
39, Degtjarivska Str., 03113 Kiev, Ukraine, e-mail: tor_ingaz@mail.ru

² **«PROMGAZTEHNO»**, Kiev

3A, Of. 22, Shamrylo Str., 04112 Kiev, Ukraine, e-mail: taniori@voliacable.com

³ **«Metekhis ceramic»**, St. Metekhi

Kaspi, Str. Metekhi, Georgia, e-mail: info@bricks.ge

Energy-saving Equipment Implementation in Tunnel Kiln for Ceramic Bricks Calcination

The analysis of the technical decisions used in the Bulgarian projects of tunnel kilns for ceramic brick calcination is carried out. Disadvantages, caused by out-of-date heating engineering equipment, are shown on an example of enterprise of «Metekhis ceramics», Georgia. Necessary measures of modernisation of tunnel kilns for ceramic brick calcination built by the Bulgarian projects are stated. The basis of modernisation – the substituting of out-of-date gas-burning devices by modern gas-burners; expansion of calcination zone due to installing of gas-burning devices on positions of preheating zone; implementation of modern automatic control systems for thermal and aerodynamic process adjustment. The principal scheme of the tunnel kiln for ceramic brick calcination including modern heating engineering equipment and automation of adjusting of thermal and aerodynamic mode is worked out. Explanations of advantages of modern equipment and modern automation system applying for quality improvement of manufactured products, increasing of a productivity of a tunnel kiln and reducing of specific consumption of natural gas are presented. *Bibl. 5, Fig. 3.*

Key words: tunnel kiln, ceramic bricks, gas-burning device, quality of calcination, modernisation, heat-insulation vault.

References

1. Rogovoj M.I. Heating engineering equipment of ceramic plants, Moscow : Strojizdat, 1983, 367 p. (Rus.)
2. Pat. 28025 Ukr., МПК⁶ C 2 F 23D 14/00. Gas burner, A.I.Torchinskij, G.N.Pavlovskij, Publ. 16.10.2000, Bul. 5.
3. Pat. 27849 Ukr., МПК⁶ C 2 F 23D 14/00. Gas burner, A.I.Torchinskij, G.N.Pavlovskij, Yu.M.Velichko, Publ. 16.10.2000, Bul. 5.
4. Torchinskij A.I., Ljashko A.Yu., Sergienko A.A., Krjachok Yu.N. [Tunnel furnaces stock for ceramic brick manufacture modernization. 2. The furnaces heating system development], *Energotehnologii i resursoberezenie [Energy Technologies and Resource Saving]*, 2010, (2), pp. 57–60. (Rus.)
5. Torchinskij A.I., Ljashko A.Yu., Krjachok Yu.N. Tunnel furnaces stock for ceramic brick manufacture modernization. 3. The automatic control system development. *Energotehnologii i resursoberezenie [Energy Technologies and Resource Saving]*, 2011, (1), pp. 69–73. (Rus.).

Received March 9, 2016