

жуточных керамических излучателей повышает КПД котла на 4–5 %.

### Список литературы

1. Долінський А.А., Басок Б.І. та ін. Комунальна теплоенергетика України : Стан, проблеми, шляхи модернізації. — Київ, 2007.
2. Долинский А.А., Сигал А.И. Коммунальная энергетика. Комплексная модернизация или замена // Проблемы экологии и эксплуатации объектов энергетики. — Севастополь, 2002. — С. 7–13.
3. Сигал А.И. Обзор рынка украинского котлостроения // Проблемы экологии и эксплуатации объектов энергетики. — Севастополь, 2002. — С. 13–17.
4. Пат. 30902А Укр., МКІ<sup>7</sup> F 24 Н 1/00. Котел водогрійний / Г.П.Кучин, В.Я Скрипка та ін. — Оpubл. 16.04.02, Бюл. № 3.
5. Пат. 36402А Укр., МКІ<sup>7</sup> F 24 Н 3/00. Котел водогрійний / В.Я.Скрипка, Г.П.Кучин та ін. — Оpubл. 15.12.01, Бюл. № 7.
6. Сигал И.Я. Защита воздушного бассейна при сжигании топлива. — Л. : Недра, 1988. — 311 с.
7. Борщов Д.Я. Чугунные и стальные отопительные котлы. — М. : Энергоатомиздат, 1992. — 253 с.
8. Власюк А.В., Кифорук А.Н., Скрипка В.Я. и др. Высокоэффективная тепловая изоляция отопительных котлов мощностью до 1 МВт // Новости теплоснабжения. — 2004. — № 2.

Поступила в редакцию 01.06.09

## Modernization of Water-Heating Boilers with Capacity up to 1 MW

*Sigal I.Ya.<sup>1</sup>, Lavrencov E.M.<sup>1</sup>, Sigal A.I.<sup>2</sup>, Kuchin G.P.<sup>2</sup>, Skripko V.Ya.<sup>2</sup>, Bykorez E.I.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> The Gas Institute of NASU, Kiev

<sup>2</sup> The Institute of Technical Thermophysics of NASU, Kiev

A plenty of boilers with capacity up to 1 MW for gaseous fuel or coal combustion with efficiency factor 70–75 % in municipal power system of Ukraine are operated. The technical solutions which allow NIISTU–5 ineffective boilers modernization with efficiency increase up to a level of modern boilers (up to 91,5 % by operation on gas and up to 85 % by operation on coal) instead of the boilers deinstallation are considered. It is displayed that additional convective surfaces installation enables efficiency factor increase up to 91,6 % and thermal efficiency up to 0,9 gcal/h. The installation of intermediate ceramic radiators increases boiler efficiency on 4–5 %. The payback period of boilers makes 1,5–2 years.

**Key words:** municipal power system, boiler, gas, coal, capacity, efficiency.

Received June 1, 2009

УДК 666.3.041

## Повышение эффективности работы туннельных печей для обжига кирпича

*Пилипенко Р.А., Пилипенко А.В., Логвиненко Д.М.*

*Институт газа НАН Украины, Киев*

Рассмотрены проблемы тепловой работы газовых туннельных печей для обжига кирпича и пути их решения. Разработаны эффективные горелки для отопления высокотемпературной зоны туннельных печей обжига керамического кирпича, а также горелка для подогрева воздуха (теплогенератор) низкотемпературных зон туннельной печи, позволяющая создать внутренние рециркуляционные контуры греющих газов и уменьшить неравномерность нагрева садки кирпича.

**Ключевые слова:** туннельная печь, обжиг кирпича, равномерность нагрева, горелка, теплогенератор.

Розглянуто проблеми теплової роботи газових тунельних печей для випалу цегли та шляхи їх вирішення. Розроблено ефективні пальники для опалення високотемпературної зони тунельних печей випалу керамічної цегли, а також пальник для підігріву повітря (теплогенератор) низькотемпературних зон тунельної печі, який дає можливість створити внутрішні рециркуляційні контури нагрівальних газів та зменшити нерівномірність підігріву садки цегли.

**Ключові слова:** тунельна піч, випал цегли, рівномірність нагрівання, пальник, теплогенератор.

Эффективность работы газовых туннельных печей для обжига кирпича определяется в первую очередь удельными затратами топлива и качеством обжига. Удельный расход топлива зависит от теплоизоляционных свойств футеровки печи, соответствия системы отопления и газогорелочных устройств технологии обжига, качества сжигания топлива, потерь тепла с уходящими газами, степени автоматизации при управлении процессами сжигания газа и обжига.

В Институте газа НАН Украины наряду с изучением процессов горения традиционно занимаются разработкой газогорелочных устройств применительно к требованиям и задачам различных теплотехнологических процессов, а также их внедрением в производство.

В настоящей работе представлены результаты разработки и промышленного применения скоростных горелок серии ГНБ [1] на туннельных печах обжига кирпича.

Общее назначение горелок серии ГНБ: нагретельные, термические и плавильные печи, печи для обжига кирпича и других керамических изделий, сушка и разогрев футерованных емкостей (например, ковшей), изделий и материалов.

Основные требования к горелкам эффективных систем отопления туннельных печей промышленности строительных материалов: качественное сжигание газозвушной смеси в рабочем пространстве печи; наличие устойчивого скоростного малогабаритного факела; организация равномерного нагрева садок; широкие пре-

делы регулирования по тепловой мощности и коэффициенту избытка воздуха; простота, надежность и долговечность в эксплуатации. Соответствие этим требованиям обеспечивает возможность успешного перевода печи в автоматический режим управления.

Скоростные горелки серии ГНБ относятся к горелкам частичного предварительного смешения газа и воздуха, оборудованы струйными стабилизаторами и используют двухстадийную подачу воздуха. Скорость потока составляет 70–100 м/с.

Серия горелок ГНБ представлена горелками тепловой мощностью от 80 до 600 кВт. Горелки работают на природном газе низкого и среднего давления, на холодном и подогретом (до 300 °С) воздухе, с автоматикой регулирования и с ручным управлением, с электродами розжига и контроля наличия пламени и без них.

Как видно из представленных в таблице данных, горелки мощностью 80–500 кВт унифицированы по номинальному давлению газа и воздуха. В горелке ГНБ-600 необходимое давление выше из-за необходимости уменьшения ее габаритов. Все горелки обеспечивают полное сгорание природного газа и соответствуют требованиям ГОСТ 21204-94 по содержанию вредных выбросов.

Горелки ГНБ прошли Государственные приемочные испытания и рекомендованы к применению на промышленных печах, в том числе на печах для обжига керамического кирпича. Горелки мощностью от 80 до 160 кВт успешно

### Технические характеристики горелок серии ГНБ

Параметр	ГНБ-80	ГНБ-100	ГНБ-125	ГНБ-160	ГНБ-300	ГНБ-500	ГНБ-600
Тепловая мощность, кВт	81,0	100,4	125,8	161,0	303,7	508,0	600,0
Расход газа, м <sup>3</sup> /ч	7,9	9,8	12,3	15,7	32,4	49,6	62,4
Давление газа, кПа:							
низкое	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	13,8
среднее	22,0	22,0	22,0	22,0	22,0	22,0	13,8
Давление воздуха, кПа	2,45	2,45	2,45	2,45	2,45	2,45	4,8
В продуктах сгорания:							
СО, %	0,0013	0,0016	0,0002	0,0003	0,0020	0,0005	0,0020
NO <sub>x</sub> , мг/м <sup>3</sup>	124	126	123	97	105	128	80
Уровень шума, дБа	74	77	79	78	78	79	79

*Примечание.* Коэффициент рабочего регулирования у всех горелок — более 4.

используются на туннельных печах кирпичных заводов в сводовых и боковых системах отопления зон обжига в ручном и автоматическом режиме управления.

Однако, свойственная зонам подогрева высокая неравномерность температур сохранялась и при использовании скоростных горелок в зоне обжига, хотя и несколько меньшая. Для существенного снижения этой неравномерности был применен внутренний рециркуляционный контур греющих газов [2].

С этой целью разработана скоростная горелка с низкотемпературным теплоносителем [3]. Она была создана на базе горелки ГНБ-80 и имеет аббревиатуру ГНБ-80-ТГ. Горелка обеспечивает поток теплоносителя с температурой 200–700 °С и с начальной скоростью 70–100 м/с.

Технические характеристики горелки ГНБ-80-ТГ приведены ниже:

Тепловая мощность, кВт	–	80
Расход газа, м <sup>3</sup> /ч	–	8,1
Давление газа, кПа	–	22,0
Давление воздуха на горение, кПа	–	2,5
Давление воздуха на разбавление, кПа	–	5,5
Содержание СО, %	–	≤ 0,0011
Содержание NO <sub>x</sub> , мг/м <sup>3</sup>	–	≤ 89
Уровень шума, дБа	–	72
Коэффициент рабочего регулирования	–	> 4
Коэффициент избытка воздуха максимальный	–	11,4

На рисунке представлены расчетные величины необходимой кратности рециркуляции для выравнивания температуры по высоте рабочего канала до перепада ± 30 °С на позициях зоны подогрева в интервале температур 200–700 °С при применении скоростной горелки ГНБ-80 и скоростной горелки для подогрева воздуха (теплогенератора) ГНБ-80-ТГ.

Образованные горелками ГНБ-80-ТГ мощные рециркуляционные контуры в поперечных сечениях рабочего канала печи позволяют не только выравнивать температуру по высоте канала, но и регулировать продолжительность необходимых технологических низкотемпературных выдержек, например, при 500–600 °С.

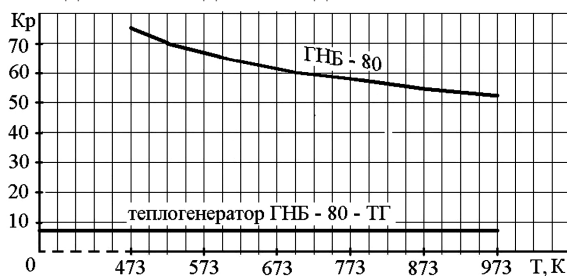
Создаваемые поперечными потоками вдуваемого теплоносителя подобие гидравлических затворов на пути основного потока теплоносителя обеспечивают возможность управления продолжительностью высокотемпературной выдержки в зоне обжига. Это позволяет вести режим обжига при нижней границе температур спекаемости и снизить расходы топлива. Рециркуляционные контуры снижают также влияние открытых дверей в период толкания на гидравли-

ческий режим работы печи и существенно снижают так называемое явление «отбоя».

На основе скоростных горелок ГНБ и ГНБ-80-ТГ разработана и внедряется автоматизированная система отопления туннельных печей для обжига керамического кирпича. На Акимовском заводе керамических изделий (Запорожская обл.) система применена для сводового отопления туннельной печи производительностью 13,5 млн шт. условного кирпича в год.

Свод печи выполнен из жаростойкого бетона с внутренним каналом для воздушного охлаждения. Кроме того, со стороны рабочего канала свод теплоизолирован муллитом-кремнеземистым фетром. В своде зоны обжига печи установлено 56 горелок ГНБ-80, в боковых стенах зоны досушки и подогрева печи установлено 2 горелки ГНБ-80-ТГ и в боковых стенах зоны охлаждения 2 горелки ГНБ-80-ТГ. Горелки зоны обжига разделены на 7 групп по 8 горелок в каждой (в группе 2 ряда горелок по ширине печи, по 4 горелки в ряду). Каждая группа оборудована регулирующими газовыми и воздушными заслонками типа «Баттерфляй» с электроприводами «Белимо». Автоматика регулирования обеспечивает поддержание заданных температур в интервале отклонений от заданных значений ± 3 °С.

На комбинате «Перемога» (Киевская обл.), на туннельной печи производительностью 30 млн шт. условного кирпича в год, установлена автоматизированная система управления процессом обжига кирпича, в состав которой входят 105 горелок зоны обжига (40 горелок ГНБ-160 и 65 горелок ГНБ-100) и 6 теплогенераторов зоны подогрева. Сводовые горелки установлены в подвесном своде печи и сгруппированы в 11 групп: 10 групп по 10 горелок в каждой и одна группа из 5 горелок. Ширина рабочего канала печи составляет 4,7 м, в каждом ряду по ширине канала установлено по 5 горелок. Шаг между рядами горелок 1,4 м. Теплогенераторы ГНБ-80-ТГ сгруппированы в три регулируемые группы. Печь запущена в работу и находится в стадии наладки.



Сравнительные кривые величин кратности рециркуляции теплоносителя (Кр) в пространстве между пакетами садки при изменении температуры теплоносителя.

На туннельной печи Шатрищенского кирпичного завода (Сумская обл.) производительностью 10 млн шт. условного кирпича в год в автоматизированной системе отопления использована 21 горелка ГНБ-125. Горелки установлены в арочном своде печи по 3 шт. по ширине рабочего канала и объединены в 7 управляемых групп. По одной паре теплогенераторов установлено в боковых стенах зоны досушки и подогрева и зоны охлаждения. Система отопления обеспечивает равномерный по высоте и объему обжиг пакетной садки кирпича, в период толкания все горелки переводятся в минимальный режим работы.

На реконструируемых в настоящее время печах применены новые отечественные теплоизоляционные материалы для футеровки сводов и стен, что позволит значительно повысить эффективность печей. Работы по футеровке печей выполняют ОАО «Тепломонтаж» и другие отечественные фирмы.

Горелки ГНБ установлены и успешно работают еще на 14 кирпичных заводах Украины.

Таким образом, разработаны эффективные горелки для отопления высокотемпературной зоны туннельных печей обжига керамического кирпича.

Разработана эффективная горелка для подогрева воздуха (теплогенератор) для низкотемпературных зон туннельной печи, позволяющая создать внутренние рециркуляционные контуры греющих газов и уменьшить неравномерность нагрева садки кирпича.

На основе горелок ГНБ и ГНБ-80-ТГ разработана эффективная автоматизированная система сводового отопления туннельных печей, позволяющая создавать требуемые технологией режимы обжига и снижать при этом расходы топлива на обжиг кирпича.

#### Список литературы

1. Пат 22209А Укр., МКІ<sup>6</sup> F 23 D 14/12; F 23 D 14/26. Газовый пальник / Р.А.Пилипенко, А.Є.Єринов, В.А.Сорока та ін. — Оpubл. 1998, Бюл. № 3.
2. Еринов А.Е., Пилипенко Р.А. Расчет параметров нагревательных устройств с рециркуляцией продуктов сгорания // Использование природного газа в промышленности. — Киев : Наук. думка, 1969. — С. 47–53.
3. Пат. 81322 Укр., МКІ<sup>8</sup> F 23 D 14/12. Газовый пальник / Р.А.Пилипенко, О.В.Пилипенко, Д.М.Логвиненко та ін. — Оpubл. 2007, Бюл. № 9.

Поступила в редакцию 01.06.09

## Tunnel Kilns for Brick Burning Efficiency Increase

*Pylypenko R.A., Pylypenko A.V., Logvynenko D.M.*

*The Gas Institute of NASU, Kiev*

The problems of gas tunnel kilns for brick burning thermal operation and the methods of the problems solving are considered. The efficient gas-burning devices for the furnaces high-temperature zone and the device for furnaces low-temperature zones air preheating (heat generator) are designed. They allows to create internal recycling contours of heating gases and to reduce non-uniformity of furnace charge.

**Key words:** tunnel kiln, brick burning, heating uniformity, burner devices, heat generator.

Received June 1, 2009