

УДК 662.951.2

*КЛИМАШ А. А.*, инженер, Институт химических технологий Восточноукраинского национального университета им. В. Даля, Рубежное;

*СОЛОВЬЁВ Г. И.*, канд. техн. наук, доц., Технологический институт Восточноукраинского национального университета им. В. Даля, Северодонецк

### **ИСПЫТАНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКИ-СТАБИЛИЗИРОВАННЫХ ГАЗОГОРЕЛОЧНЫХ УСТРОЙСТВ В ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ПЕЧНЫХ ПРОЦЕССАХ**

Проведено исследование энергосберегающих каталитически-стабилизированных газовых горелок инфракрасного излучения. Экспериментально показана возможность эффективного использования инфракрасных газогорелочных устройств в энерготехнологических высокотемпературных печных процессах.

**Ключевые слова:** катализатор, горелки инфракрасного излучения, каталитически-стабилизированное сжигание газа, печь плавки базальта.

**Введение.** В связи с высокой стоимостью природного газа, в Украине возникли проблемы с конкурентной эксплуатацией энергоемких печных производств, таких как варка оконного стекла, производство теплоизоляционной материальной ваты (плавка в печах базальта) и др. Авторами выполнен комплекс теплотехнических и энерготехнологических работ по обследованию печных технологий на ПАТ «Лисичанский стекольный завод "Пролетарий"» и ООО «Северодонецкий завод теплоизоляционных изделий» (СЗТИ), на основании которых разработаны и рекомендованы к внедрению энергосберегающие мероприятия.

В связи с этим были разработаны каталитически-стабилизированные беспламенные инфракрасные горелки [1]. Основой для таких горелок являются блочные сотовые катализаторы, носителями которых являются термостойкие синтетические минеральные волокна, отвечающие особым требованиям к прочности и долговечности. Преимущества каталитически-стабилизированного способа сжигания углеводородного топлива показаны в статьях [2-4].

**Цель работы.** Целью работы является проведение исследования энергосберегающих каталитически-стабилизированных газовых горелок инфракрасного излучения для определения возможности их использования в промышленных аппаратах (высокотемпературные печи варки стекла и плавки базальта).

**Методика эксперимента.** Экспериментальное исследование работы инфракрасных газогорелочных устройств проводилось на лабораторной установке, представленной на рис. 1.

Принцип работы экспериментальной установки следующий: газ из сети подается через газовые часы 3 и регулятор давления 4 в горелку 1. Давление газа контролируется дифференциальным манометром 7. Подача воздуха к горелке осуществляется принудительно с помощью вентилятора 5 и подогревается с помощью печи 2 до температуры  $\approx 300-350^{\circ}\text{C}$ . Далее газо-воздушная смесь поступает к каталитически-стабилизированной газовой горелке. Величина коэффициента избытка воздуха составляла  $\alpha = 1,05 - 1,2$ . Содержание компонентов продуктов сгорания и температура над поверхностью горелки анализировалось с помощью автоматического переносного газоанализатора марки «Окси 5М». Инфракрасную составляющую фиксировали также с использованием лазерного пирометра. В горелку загружался катализатор, представляющий

© А. А. КЛИМАШ, Г. И. СОЛОВЬЁВ, 2013

собой носитель из термостойкого синтетического минерального волокна марки «ALSIFLEX-1600», на который была нанесена шпинель оксидов металлов (оксид магния, хромит магния, оксиды молибдена и др.) [5]. Нанесением шпинели была достигнута возможность повышения эксплуатационной температуры до 1600°C без снижения активности.

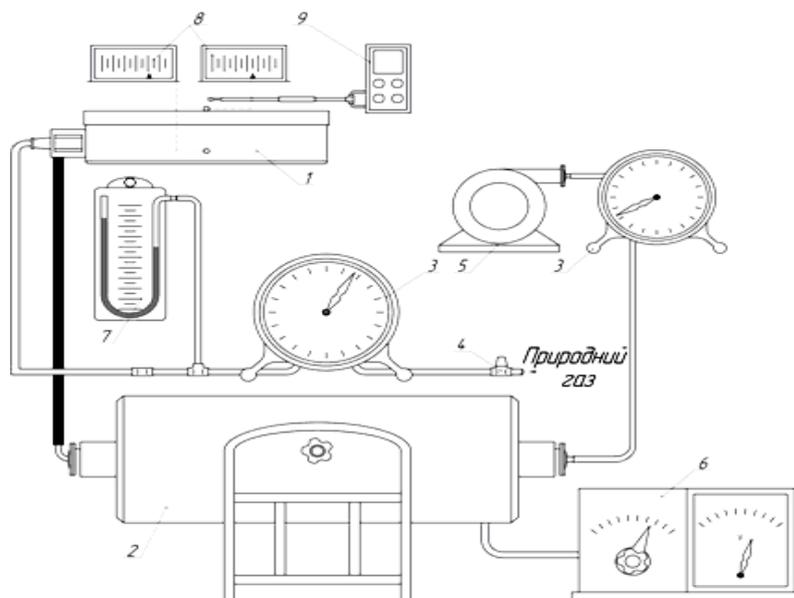


Рис. 1 - Установка для исследования работы каталитически-стабилизированных газовых горелок инфракрасного излучения: 1 – горелка, 2 – печь для нагрева воздуха, 3 – газовые счетчики, 4 – регулятор давления, 5 – вентилятор, 6 – источник тока, 7 – дифманометр, 8 – термопары, 9 – прибор ОКСИ 5М

**Обсуждение результатов.** В результате проведения экспериментальных исследований были получены данные, свидетельствующие о том, что организация процесса каталитически-стабилизированного сжигания углеводородного топлива с подводом подогретого воздуха способствует повышению эффективности и экологичности работы газовых горелок.

Экологические показатели каталитически-стабилизированных беспламенных инфракрасных горелок:

- содержание CO в дымовых газах – 35-45 р.р.т. (не более 0,005% об.);
- содержание NO<sub>x</sub> – 3-8 р.р.т. (не более 12 мг/м<sup>3</sup>).

Анализ экспериментальных данных позволил установить зависимость доли инфракрасного излучения от температуры воздуха, подаваемого к горелке. Экспериментальные данные представлены в табл.

Таблица - Результаты экспериментального исследования каталитически-стабилизированных газовых горелок

Температура воздуха, °С	50	100	150	200	250	300
Тепло, приходящее с воздухом, ккал\ч	75,95	151,9	227,85	303,8	379,75	455,7
Общая тепловая нагрузка, ккал\ч	4019,28	4095,23	4171,18	4247,13	4323,08	4399,03
Излучаемое тепло, ккал\ч	1173,55	1198,93	1325,52	1437,38	1580,55	1765,57
Доля инфракрасного излучения, %	29,19	29,27	31,78	33,84	36,56	40,14

Также на ООО «Северодонецкий завод теплоизоляционных изделий» было проведено энерготехнологическое обследование печи плавки базальта. Схема печи представлена на рис. 2.

Результаты энерготехнологических исследований подтвердили, что подвод тепла от сгорания топлива (488560 ккал/ч) и с подогретым в рекуператоре воздухом (75240 ккал/ч) в объеме 563800 ккал/ч расходуется по следующим направлениям:

- на плавку 153000 ккал/ч (к.п.д. 31%);

- на потери с дымовыми газами при входе в теплообменник-рекуператор при температуре  $1211^{\circ}\text{C}$   $303719$  ккал/ч;

- на потери тепла от стенок печи (теплоотдачей и проникающим излучением)  $107000$  ккал/ч (18,98%).

Нагрев свода печи, боковых стенок печи осуществляется пламенем и сильно перегретыми ( $1821^{\circ}\text{C}$ ) инертными дымовыми газами путем теплоотдачи.

Интенсивность теплопередачи лимитируется только поверхностью (около  $7-8 \text{ м}^2$ ) и движущей силой теплоотдачи (разностью температур). Мощность генерируемого теплоотдачей инфракрасного излучения, являющегося зависимым (вторичным) и не лимитирующим процессом, не может превышать потенциал теплоотдачи и составляет не более 23-27% от общего подвода тепла, т.е. не более 150-170 тыс. ккал/ч. Из выше приведенного можно сделать вывод о том, что действующая печь является консервативным агрегатом, работает на пределе максимальной производительности и нет возможности увеличения ее производительности или сокращения потребления топлива. Кроме этого, невозможно снижение пиковых температур инертных газов в зоне печи и, таким образом, ограничена возможность сокращения значительных тепловых потерь.

Графическая интерпретация результатов энерготехнологического обследования промышленной печи представлена на рис. 3.

Экспериментально было установлено, что замена существующих газовых пламенных горелок на каталитически-стабилизированные горелки с управляемым процессом двухступенчатого горения обеспечивает снижение максимальных пиковых температур в инертных дымовых газах до примерного равенства с температурой излучающей твердой поверхности и в нашем случае будет составлять около  $1550-1600^{\circ}\text{C}$ . Такой термический режим позволяет сократить потери тепла через стенки печи в окружающую среду с  $107000$  ккал/ч до  $55540$  ккал/ч, что обеспечивает экономию природного газа в объеме  $51460$  ккал/ч/ $7880 \text{ ккал/м}^3=6,9 \text{ м}^3/\text{ч}$ . В связи с тем, что гетерогенно-каталитический процесс генерирует тепло как от сгорания углерода метана, так и от сгорания, содержащегося в нем

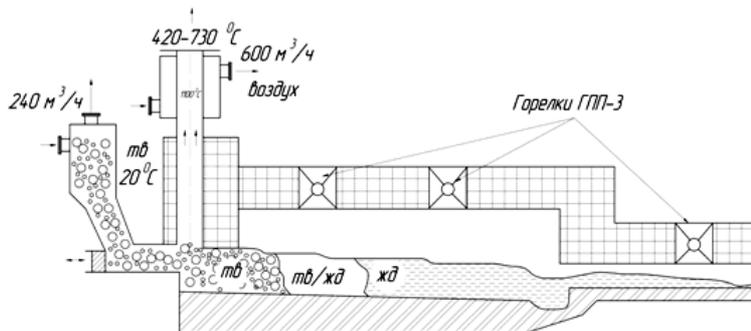


Рис. 2 - Схема печи плавки базальта на ООО «Северодонецкий завод теплоизоляционных изделий»

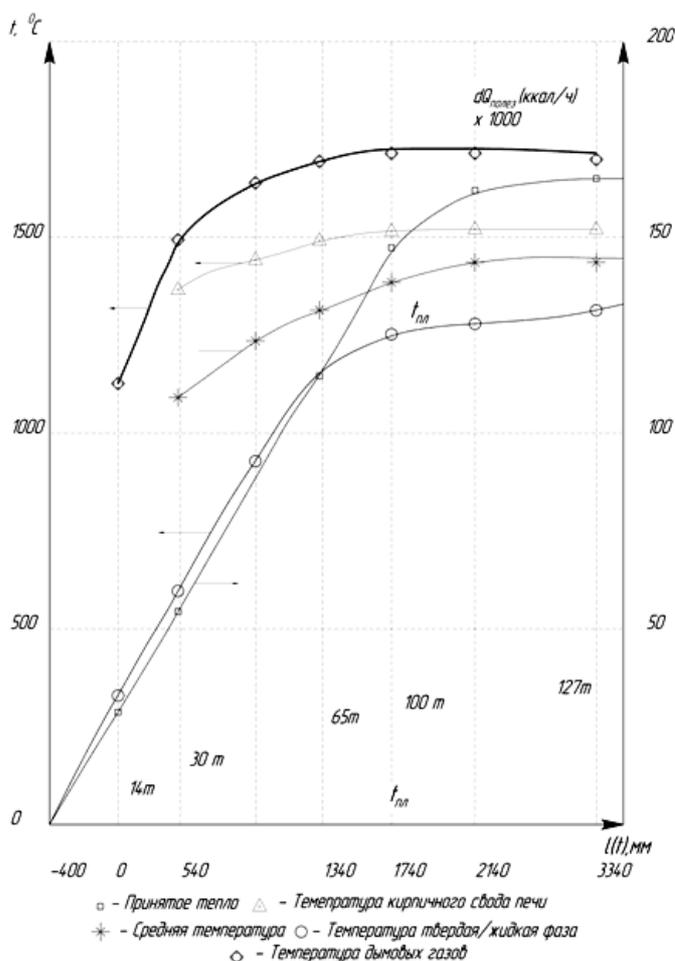


Рис. 3 - Режимы работы печи с плоскопламенными горелками ГПП-3

водорода, то в расчет берем не низшую ( $7880 \text{ ккал/м}^3$ ), а высшую теплотворную способность природного газа ( $8809 \text{ ккал/м}^3$ ). Экономия топлива за счет этого эффекта составит 4,3% или  $2,3 \text{ м}^3/\text{ч}$  от общего его расхода. Таким образом, внедрение новых горелок в данной печи позволит сократить потребление природного газа на  $9,2 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

**Выводы.** Выполнены исследования газовых горелок с принудительной подачей подогретого воздуха.

Установлено что замена существующих пламенных горелок в печных процессах на каталитически-стабилизированные инфракрасные горелки при организации двухступенчатого регулируемого сжигания топлива обеспечивает:

- увеличение доли инфракрасного излучения до 37-41%;
- повышение КПД аппаратов до 42 - 46%;
- экономию горючего газа до 30%.

**Список литературы:** 1. Марченко Г. С. Экологически чистые каталитически стабилизированные горелки для отопительной техники / Г. С. Марченко, Г. И. Соловьев, А. Л. Пелецкий // Энергосбережение, безопасность, экология в промышленности и коммунальной энергетике : X Международная конференция 11-19 сентября 2003 г. : Материалы конференции. – Ялта, 2003, – С. 56 – 58. 2. Prefferle W. C. Catalytically Stabilized Combustion / W.C. Prefferle, L.D. Prefferle // [Progress in Energy and Combustion Science](#). – 1986. – vol. 12, №1. – С. 25-41. 3. Seonhi R. Catalytic combustion in a domestic natural gas burner / R. Seonhi, A. Scholten // [Catalysis Today](#). – 1999. – vol. 47, № 1-4. – С. 415 – 420. 4. Seonhi R. Comparison of catalytic and catalytically stabilized domestic natural gas burners / R. Seonhi, A. Scholten // The 20th World Gas Conference Proceedings. – Copenhagen, 1997, – С. 18. 5. Рябин В. А. Неорганические соединения хрома / В. А. Рябин. – Ленинград : Химия, 1981. – 208 с.

Надійшла до редколегії 20.03.2013

УДК 662.951.2

**Испытание каталитически-стабилизированных газогорелочных устройств в энерготехнологических высокотемпературных печных процессах/ Климаш А. А., Соловьёв Г. И// Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 1 (977). – С. 168-171. – Бібліогр.: 5назв.**

Проведено дослідження енергозберігаючих каталітично-стабілізованих газових пальників інфрачервоного випромінювання. Експериментально показана можливість ефективного використання інфрачервоних газопальникових пристроїв в енерготехнологічних високотемпературних пічних процесах.

**Ключові слова:** каталізатор, пальники інфрачервоного випромінювання, каталітично-стабілізоване спалювання газу, піч плавки базальту.

The study of energy saving catalytically stabilized infrared gas burners. Experimentally demonstrated the possibility of the effective use of infrared gas burner devices in power technology high- temperature of furnace processes.

**Keywords:** catalyst burner infrared catalytically stabilized combustion gas furnace melting of basalt

УДК 621.565.83

**В. Ю. КРАВЕЦ**, канд. техн. наук, доц., НТУУ «КПІ», Киев;

**В. И. КОНЬШИН**, НТУУ «КПІ», Киев;

**БЕХМАРД ГОЛАМРЕЗА**, аспирант, НТУУ «КПІ», Киев;

**Я. Н. САЛИЙ**, студент, НТУУ «КПІ», Киев

## **ВЛИЯНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ЗАПОЛНЕНИЯ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ТЕПЛООТДАЧИ В ЗОНЕ ИСПАРЕНИЯ ДВУХФАЗНОГО ТЕРМОСИФОНА**

Приводятся экспериментальные данные по коэффициентам теплоотдачи в зоне испарения закрытого двухфазного термосифона с внутренним диаметром 5мм и длиной 700мм. Показано влияние геометрических и режимных параметров на теплопередающие характеристики термосифона.

**Ключевые слова:** Термосифон, коэффициент теплоотдачи, зона испарения.

© В. Ю. КРАВЕЦ, В. И. КОНЬШИН, БЕХМАРД ГОЛАМРЕЗА, Я. Н. САЛИЙ, 2013