

УДК 66.041.6:662.951.2

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ НОВОЙ СИСТЕМЫ СЖИГАНИЯ ТОПЛИВА ПЕЧЕЙ УСТАНОВОК ПИРОЛИЗА НА ОСНОВЕ ГОРЕЛОК ТИПА АГГ-3М

А.С. Печников¹, С.А. Печников²

¹ Самарский государственный технический университет
Россия, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

² НТЦ «КОРПУ» АО «Газпром промгаз»
Россия, 142702, Московская обл., Ленинский р-н, г. Видное, ул. Вокзальная, 23

E-mail: PetchnikovAS@mail.ru

С целью повышения эффективности, надежности и безопасности работы трубчатых печей существующих установок пиролиза большой единичной мощности выполнена разработка новой системы сжигания топлива на основе серийно выпускаемых горелок типа АГГ-3М. Предложена новая схема размещения горелок на излучающих стенах топки печи. Проведены сравнительные обследования существующей системы и предложенной новой системы сжигания топлива, которые показали эффективность выполненных мероприятий по модернизации печи.

Ключевые слова: система сжигания топлива, горелка газовая типа АГГ-3М, модернизация, обследование теплотехническое.

Для трубчатых печей установок пиролиза сотрудниками СамГТУ разработана система сжигания топлива (ССТ), в которой проектные горелки (112 инжекционных горелок чешской фирмы «Хепос») заменены на 24 отечественные горелки вихревого типа АГГ-2М [1, 2, 5].

С целью увеличения равномерности обогрева пиролизевики небольшим количеством мощных горелок типа АГГ в период замены кладки печей на одной из установок ЭП-300 первоначальная схема коридорного расположения горелок на излучающих стенах топки была изменена на шахматное расположение горелок АГГ-2М на тех же отметках по высоте топочной камеры. Такая схема предполагает лучшее совмещение геометрии обогреваемых потоков с расположением противоположащих горелок.

Эффективность этого мероприятия определялась теплотехническими обследованиями модернизированных печей. При обследовании снимались режимные параметры работы печей, определялся состав топлива и сырья, проводился анализ продуктов сгорания топлива с помощью переносного хроматографа TESTO-350 по высоте топки и дымовому тракту печей с определением качества сжигания топлива, температур в точках замеров, избытка воздуха и КПД печей, выполнены замеры температурных полей кладки и стенок змеевиков печи с целью определения равномерности обогрева теплопередающей поверхности модернизированными горелочными устройствами АГГ-2М.

Александр Сергеевич Печников (к.т.н.), доцент кафедры «Машины и оборудование нефтегазовых и химических производств».

Сергей Александрович Печников, заведующий отделом технологического проектирования объектов добычи газа НТЦ «КОРПУ» АО «Газпром промгаз».

В период обследования лаборатория завода предоставила следующий состав сжигаемого в печах топлива, % об.:

$$\text{H}_2 = 12,31; \text{CH}_4 = 79,69; \text{C}_2\text{H}_4 = 2,49; \text{C}_2\text{H}_6 = 5,20;$$

$$\text{C}_3\text{H}_6 = 0,01; \text{C}_3\text{H}_8 = 0,08; \sum \text{C}_4 = 0,31,$$

по которому расчетным путем определены:

- плотность топливного газа – 0,692 кг/м³;
- теплота сгорания топливного газа – 35736 кДж/м³.

Режимные параметры работы печи F-08B при пиролизе бензина на момент обследования:

- расход сырья – 9,3 т/ч (по потокам 2,5 – 2,4 – 2,1 – 2,3);
- расход пара разбавления – 4,95 т/ч (по потокам 1,25 – 1,25 – 1,2 – 1,25);
- расход топлива – 1,3 т/ч;
- температура пирогаза на выходе из печи, °С – (830 ÷ 830–831 ÷ 832);
- температура дымовых газов на выходе из печи, °С – (275 ÷ 298).

Состояние печи и ССТ на момент обследования:

- печь оборудована 24 горелками АГГ-2М, расположенными в шахматном порядке по высоте топки в 3 яруса;
- горелки оснащены глушителями шума – регуляторами инжекции воздуха стандартной конструкции;
- кладка и змеевики – без видимых дефектов;
- состояние горелок – работоспособное, горение отлажено, атмосфера в топке чистая.

Основные результаты обследования печи с новой схемой размещения горелок АГГ-2М на излучающих стенах представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Результаты анализов проб дымовых газов печи пиролиза F-08B с шахматным расположением горелок АГГ-2М

Точка отбора пробы	Компонент дымового газа в печи						
	O ₂ , % об.	CO ₂ , % об.	CO, ппм	NO _x , ппм	Δр, Па	к.р.в.	Температура, °С
Нижний ярус	10,3	6,1	0	65	129	1,95	943
Средний ярус	5,3	8,9	0	85	102	1,34	1035
Верхний ярус	5,7	8,7	0	67	72	1,38	1053
Перевал	3,0	10,2	0	80	48	1,16	1035
На выходе из печи	8,9	6,8	0	55	200	1,74	298

КПД печи (без учета потерь тепла через кладку печи) составляет 82,2 %.

Из табл. 1 видно, что температурный уровень в топке в районе нижнего яруса снижен почти на 100 °С из-за поступления избыточного воздуха через горелки нижнего яруса. На выходе из топки процесс выгорания топлива завершен с небольшим запасом по кислороду. Однако в камере конвекции наблюдаются дополнительные подсосы через неплотности в обшивке печи, что снижает КПД печи.

Состояние разогрева кладки и стенки змеевиков печи характеризуется данными табл. 2.

Таблица 2

Результаты пирометрии кладки и стенки (через дробь) выходных труб змеевика печи F-08B

Отметка по высоте топки	Температура, °С (змеевик/кладка)			
	Поток Н	Поток G	Поток F	Поток E
Верхний ярус	945/1010	950/1025	950/1010	950/1020
Средний ярус	955/1000	960/1040	955/1035	970/1050
Средний ярус	930/990	945/1010	950/1015	940/1040
Нижний ярус	905/940	920/970	925/960	910/950

Из табл. 2 видно, что нижний ярус кладки и нижняя часть змеевика недогреваются. Средняя часть имеет максимумы температур, которые снижаются в сводовой части печи. Такие температурные перекосы вызваны прежде всего различным разрежением по высоте топки и неотрегулированностью поступления воздуха через горелки, которое необходимо выполнять с помощью регуляторов инжекции, а также расположением мощных горелок типа АГГ (в проекте имеется вынужденное отклонение расположения горелок от равномерного для обхода металлоконструкций в местах их установки).

В настоящее время выполненный по результатам многочисленных обследований печного блока анализ состояния и работы печей установки показал, что печи имеют большой физический износ и требуют модернизации кладки и системы сжигания топлива как не отвечающие современным требованиям по теплопроводу к реакционным трубам, надежности и безопасности при эксплуатации.

Согласно рекомендациям разработчиков горелочных устройств типа АГГ [3] с целью устранения выявленных недостатков был разработан проект установки 54 горелок АГГ-3М (меньшей мощности, чем ранее установленные горелки АГГ-2М) по расчетной схеме их размещения [4]. Новые горелки переоборудованы регуляторами инжекции воздуха – глушителями шума более надежной конструкции, оснащены пилотными горелками ПГ-28М-КП, автоматической системой розжига и контроля наличия пламени.

Одновременно с этими мероприятиями по проекту ООО «Алитер-Акси» произведена замена кладки печи на современные бетонные смеси, а также установлены поворотный шибер и штатный кислородомер на выходе дымовых газов из печи.

Все эти мероприятия положительно сказались на работе печи, что подтверждается результатами теплотехнических обследований печи, выполненных на различных нагрузках по сырью в период ее работы с усовершенствованной системой.

В период обследований состав сжигаемого в печи топлива был следующим, % об.:

$H_2 = 17,6$; $CH_4 = 77,62$; $C_2H_4 = 0,79$; $C_2H_6 = 3,73$;

$C_3H_6 = 0,04$; $C_3H_8 = 0,05$; $\sum C_4 = 0,02$; $\sum C_5 = 0,15$;

- плотность топливного газа – $0,639 \text{ кг/м}^3$;
- теплота сгорания топлива – 32869 кДж/м^3 (51470 кДж/кг);

- плотность сырья – 0,684 кг/м³.

Основные теплотехнические показатели работы печи F-08B в режиме пиролиза бензина при сопоставимой нагрузке:

- расход сырья – 9185 кг/ч (по потокам 2397 – 2051 – 2217 – 2520);
- расход пара разбавления – 4834 кг/ч (по потокам 1225 – 1201 – 1200 – 1208);
- расход топлива – 1077 кг/ч;
- температура пирогаза на выходе из печи, °С – (826–826–826–825);
- температура дымовых газов на выходе из печи °С – (316 ÷ 304).

Результаты представлены в табл. 3 и 4.

Таблица 3

Результаты анализов проб дымовых газов печи F-08B с новой ССТ

Точка отбора пробы	Компонент дымового газа в печи						
	O ₂ , % об.	CO ₂ , % об.	CO, ппм	NO _x , ппм	Δр, Па	к.р.в.	Температура, °С
Нижний ярус	4,6	9,0	0	51	73	1,26	1039
Средний ярус	2,9	10,0	0	54	24	1,16	1016
Верхний ярус	2,4	10,3	0	55	5	1,13	1035
На выходе из печи	8,9	6,8	0	55	200	1,74	298

КПД печи (без учета потерь тепла через кладку печи) – 84,8 %.

Состояние разогрева кладки печи характеризуется следующими данными замеров оптическим пирометром:

- температуры стенки выходных труб: поток Н – 935 °С, поток Г – 940 °С, поток F – 940 °С, поток Е – 950 °С.

Таблица 4

Результаты пирометрии кладки печи F-08B

Отметка	Температура кладки, °С			
	Поток Н	Поток Г	Поток F	Поток Е
Верхний ярус	1015	1010	1010	1010
Средний ярус	1040	1025	1005	1010
Нижний ярус	1035	1010	1010	1025
Под печи	1015	1000	1000	1010

Сравнивая результаты обследований печи F-08B, работающей с горелками АГГ-2М, с результатами обследований этой же печи после проведенных мероприятий по оснащению печи новой системой, видим, что при одинаковых технологических режимах пиролиза бензина КПД печи увеличился на 2,6 %, расход топлива снизился на 17 %, одновременно выровнено разрежение по высоте топки, температурный перепад на кладке печи уменьшился до 10÷30 °С как по длине топки, так и по высоте.

По результатам проведенных обследований печи можно говорить об эффективности проведенных мероприятий по оснащению печи пиролиза установки ЭП-300 новой системой сжигания топлива с горелками типа АГГ-3М.

Горелки обеспечивают технологический режим пиролиза углеводородной смеси с близкими к проектным значениями показателями, работают устойчиво, с равномерным обогревом кладки печи и сырьевых змеевиков (рис. 1). Конструктивно горелки АГГ-3М обеспечивают большую надежность в эксплуатации, легки в управлении и регулировке режима горения, обладают пониженным уровнем шума.

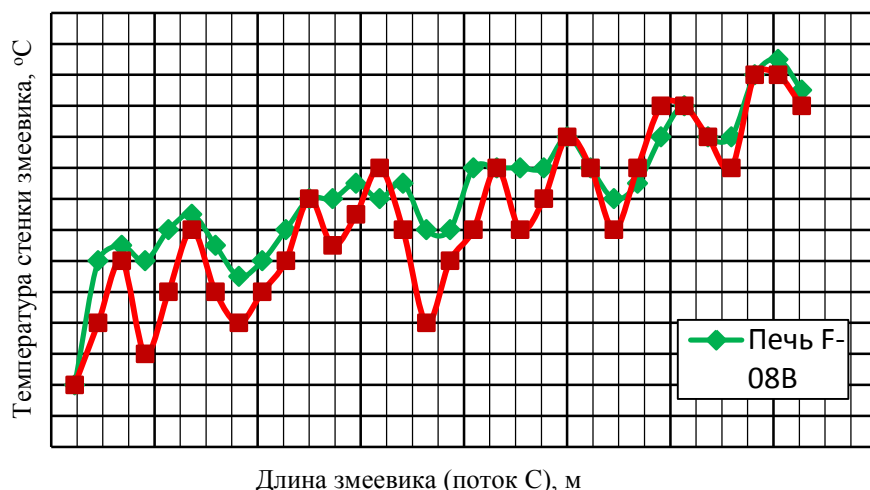


Рис. 1. Температурный профиль змеевиков реконструированной печи F-08B и проектной печи F-03B (сравнение по потоку С)

Работа горелок хорошо сочетается с выполненной кладкой из жаропрочного бетона.

Картина работы горелок АГГ-3М в топке печи представлена на рис. 2.

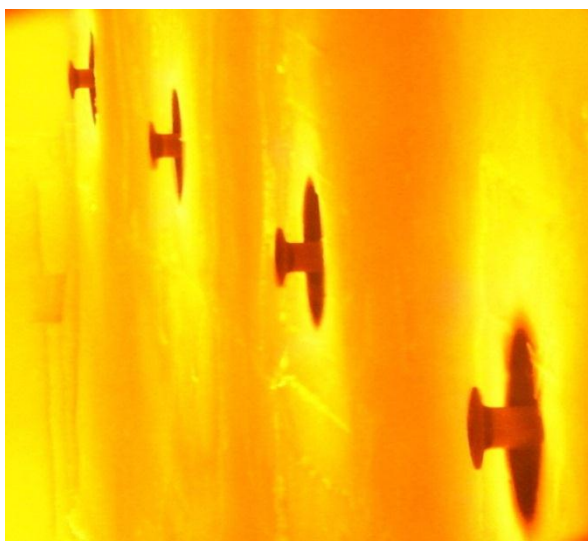


Рис. 2. Фрагмент внутренней части печи (топки) с установленными и работающими горелками типа АГГ-3М

В целом по результатам работы новой ССТ печей установок ЭП-300 с горелками типа АГГ можно сделать следующие выводы:

– уменьшение расхода топлива в печах пиролиза достигается за счет более высокой герметизации топки и снижения инжекции в печь холодного атмосферного воздуха (вследствие применения в топливной системе ограниченного числа высокопроизводительных горелок), а также в результате эффективного способа сжигания газа горелками АГГ-3М, обеспечивающего минимальный избыток воздуха на перевале печи ($3\div 10$ % от стехиометрического). Процесс горения подготовленной смеси происходит на раскаленных стенках топки, которые катализируют реакции окисления и способствуют полному выгоранию всех горючих компонентов топлива. На действующих промышленных печах пиролиза с новой ССТ удельный расход топлива на $4\div 10$ % ниже;

– улучшение работы топливной системы печи стабилизирует рабочие условия, позволяет вести процесс пиролиза в оптимальном режиме, с малым коксообразованием внутри пирозмеевиков и благоприятно отражается на работоспособности элементов конструкции печного агрегата (печных труб, опорных деталей, огнеупорной обмуровки и др.). В результате увеличиваются межремонтные рабочие циклы (пробег) печи, повышается надежность и долговечность работы печного агрегата. За счет сокращения простоя печи на текущем ремонте, уменьшения объема ремонтных работ при выполнении капитального ремонта и т. п. ее рабочий цикл увеличивается в среднем на 500 часов;

– простота конструкции горелок АГГ и недорогие материалы для их изготовления, высокая производительность и сравнительно небольшое их число в печах позволяют уменьшить расход средств на оснащение топливных систем горелками и далее при работе экономить затраты на ремонт и обслуживание.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шарихин В.В., Мухина Т.Н., Печников А.С. и др. Повышение эффективности топливных систем трубчатых печей // Нефтепереработка и нефтехимия. – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 2002. – № 4. – С. 15-17.
2. Печников А.С., Степанчук В.В. Системы сжигания топлива в трубчатых печах на основе горелок типа АГГ // Передовые технологии и перспективы развития ОАО Казаньоргсинтез: Сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф. Казань, 24-25 июля 2008 г. – С. 74-75.
3. Печников А.С., Пучнина А.В. Модернизация системы сжигания топлива для печей установки ЭП-300.
4. Ашировские чтения: Тез. докл. V Междунар. науч.- практ. конф. ученых. Самара, 23-24 октября 2009 г. – С. 386-387.
5. Печников А.С., Шарихин В.В., Григорян Л.Г. Разработка методики расчета рационального размещения газовых горелок типа АГГ на излучающих стенах топок трубчатых печей пиролиза // Переработка углеводородного сырья. Комплексные решения (Левинтерские чтения. Тез. докл. Всероссийской науч. конф. Самара, 24-25 октября 2006 г. – С. 133-134.
6. Печников А.С., Григорян Л.Г. Формирование излучающей поверхности в трубчатых печах пиролиза вихревыми горелками диффузионно-кинетического типа // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. Технические науки. – 2010. – № 2 (26). – С. 204-209.

Статья поступила в редакцию 15 декабря 2016 г.

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF NEW FUEL COMBUSTION SYSTEM OF PYROLYSIS FURNACE, BASED ON BURNERS OF TYPE AGG-3M

A.S. Pechnikov, S.A. Pechnikov

Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100

In order to increase the efficiency, reliability and safety of the tube furnaces of existing pyrolysis units of large unit capacity, a new fuel combustion system based on serially produced AGG-3M burners has been developed. The new scheme for placing burners on the radiating walls of the hearth is proposed. Comparative surveys of the existing system and the proposed new fuel combustion system were carried out which showed the effectiveness of the measures taken for modernization of the furnace.

Keywords: *fuel combustion system, gas burner type AGG-3M, modernization, Inspection thermotechnical.*

Alexandr S. Pechnikov (Ph.D.(Techn.)), Associate Professor.

Sergey A. Pechnikov, Head of the Technological Design Department of Gas Production Facilities of the Scientific and Technical Center «Integrated Development of Regional Hydrocarbon Resources», AO «Gazprom promgaz».