

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ СЖИГАНИЯ

М. В. Гребинна¹, М. З. Абдулин^{2, а}, О. А. Сирый²

¹Науково-виробниче об'єднання «Струменево-нишова технологія»

²Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

Аннотация

Рассмотрена взаимосвязь сложных гидротермохимических процессов и данных внедрения струйно-нишевой технологии в огнетехнические устройства различного типа с точки зрения экономичности, экологической безопасности, надежности и продления ресурса работы.

Ключевые слова: горелочное устройство, огнетехническое оборудование, технология сжигания

Введение

Как известно, основным элементом огнетехнического оборудования (ОО) является горелочное устройство (ГУ), рабочий процесс которого определяет экономичность, надежность и экологическую безопасность объекта в целом. Комплекс аэро-, термохимических процессов, служащий в основе работы ГУ, является сложнейшим в технике, недостаточно изученным и не поддается точным расчетам. Однако потребности производства подталкивают к поиску соответствующих подходов, позволяющих уже сейчас создавать ГУ необходимой эффективности. Для этого необходимо разобраться в том, что же такое технология сжигания, как совокупность физико-химических процессов обеспечивающих эффективное преобразование химической энергии топлива в продукты сгорания необходимого качества.

Сам термин «технология сжигания» редко звучит на технических семинарах, совещаниях, конференциях. А о рабочем процессе ГУ, аэродинамической схеме, стабилизации горения очень редко можно услышать даже на сугубо научных конференциях. Аэродинамическая структура течения (как показывают исследования — важнейшая характеристика ГУ) вообще исчезла из поля зрения исследователей рабочего процесса ГУ.

Нечеткое представление об основных принципах сжигания, пренебрежение научными подходами к решению данной проблемы не прошло бесследно. Несмотря на то, что в настоящее время в мировой практике насчитывается много сотен типов ГУ различных фирм (включая импортные «Wayshaupt», «Riello», «Girsh», ...), приходится констатировать тот факт, что пока не существует ГУ в полной мере удовлетворяющих всем современным требованиям с точки зрения экономичности, экологической безопасности и надежности. Большинство ГУ используют закрутку воздушного потока. На протяжении десятков лет их конструкция существенно не менялась, только улучшался дизайн и повышался уровень ав-

томатизации. Поэтому их технические показатели находятся практически на одном уровне [1].

1. Описание технологии

В результате длительных экспериментальных и аналитических исследований, проведенных в лаборатории горения НТУУ «Киевский политехнический институт», сформулированы основные принципы высокоэффективной технологии сжигания топлива [2]:

- рациональная раздача горючего в потоке окислителя;
- создание устойчивых вихревых структур, представляющих собой результат взаимодействия системы струй горючего и сносящего потока окислителя с циркуляционным течением за плоскообтекаемым телом, с учётом теплотехнических особенностей огнетехнического объекта, причём объём возникающих вихревых структур в сотни раз меньше, чем при применении традиционных ГУ;
- автомательность состава топливной смеси в зоне обратных токов;
- термическая подготовка горючего;
- самоохладение горючим и окислителем;
- модульность.

Рациональная раздача горючего в потоке окислителя наиболее эффективно обеспечивается однорядной системой струй газа, перпендикулярной потоку воздуха. Для обеспечения устойчивой вихревой структуры течения в широком диапазоне работы ГУ разработана струйно-нишевая система смесеобразования и стабилизации пламени [3], в основе которой лежит использование газодинамических вихреобразователей потока окислителя, горючего и продуктов сгорания, обеспечивающих интенсивное перемешивание топливной смеси за счёт турбулизации потока системой струй газа. На рис. 1. показан один из вариантов расположения такой системы на полом коллекторе газа. Газ проходит через коллектор под нишей, охлаждает её (и при этом нагревается) и вы-

^аmzabduin@gmail.com

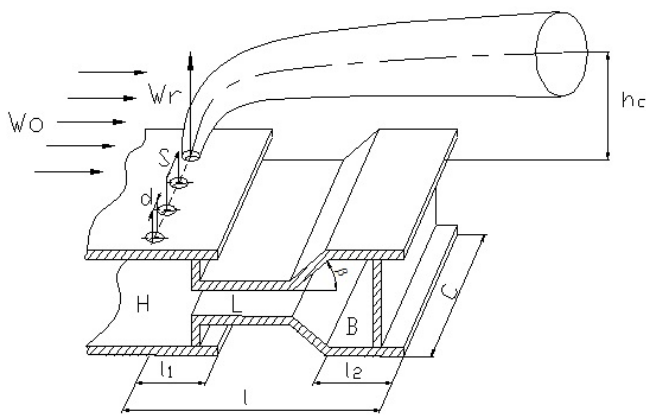


Рис. 1. Вариант размещения ниши на плоском пилоне

ходит через однорядную систему струй под прямым углом к потоку окислителя.

Важный аспект рабочего процесса струйно-нишевого пилонного устройства – то, что газ, омывая коллектор-стабилизатор пламени, изнутри охлаждает его, а сам подогревается до $200 - 300^\circ\text{C}$. Причём изменением соотношения геометрических параметров струйно-нишевой системы по трактам горючего и окислителя можно добиться поддержания необходимого постоянного состава однородной топливной смеси в зоне циркуляции в широких пределах изменения скоростей горючего и окислителя. Эти свойства струйно-нишевой системы позволили на их основе создать струйно-нишевые горелочные устройства СНГ, СНТ и ВРАД для огнетехнических объектов различного назначения.

2. Опыт внедрения

Многолетние и многочисленные исследования объектов модернизированных при помощи новой технологии показали, что значительно улучшается режим эксплуатации за счет плавного и безопасного запуска (при нагрузках $5 - 10\%$ от номинальной мощности и ниже), а также высокой температурной равномерности в топочном пространстве. Это существенно увеличивает межремонтный период оборудования. При этом удалось решить много задач эффективной эксплуатации огнетехнического объекта: устранены вибрационные явления на различных котлах за счет упорядочивания аэродинамики течения, обеспечилось устойчивое производство тепловой энергии (что дало ощутимый социальный эффект) и т.д. [4, 5, 6]. Экономические расчеты показали, что на основе вышеизложенных принципов организации топочных процессов можно проводить малозатратную модернизацию даже ОО устаревшей конструкции со сроком окупаемости, за счет экономии газа до 1 года.

Интересен опыт модернизации котлов малой производительности ($0.3 - 0.7$ Гкал/ч) НИИСТУ-5, «Надточия» и др. Особенностью таких котлов является отсутствие ярко выраженной конвективной части и, вследствие этого, высокий уровень температуры уходящих газов ($350 - 450^\circ\text{C}$), значительные присосы в топке, из-за которых количество избыточного воздуха в несколько раз превышает нормативные



Рис. 2. Котел КВГ-6,5, г. Житомир

значения. Вследствие этого реальный КПД таких котлов редко превышает 75% .

Полученные результаты промышленных испытаний модернизированных котлов НИИСТУ-5, работающими на естественной тяге, на протяжении нескольких отопительных сезонов, подтвердили возможность модернизации устаревших котлов, с переводом на низкое давление газа (котлы устойчиво обеспечивают номинальную тепловую нагрузку при давлении газа $40 - 50$ мм вод. ст.) и повышения КПД котлов до 90% . Сравнение работы ГУ СНТ с установленными ранее на котлах подовыми горелками в котельных городов Прилуки, Чернигов, Сокаль, Горловка, Киев показало, что расход топлива на котлах снижался как минимум на $10 - 15\%$, а выбросы NO_x уменьшались до $121 - 128$ мг/м³.

Накоплен также большой опыт модернизации котлов типа ТВГ и КВГ, отличающихся наличием двухступенчатых экранов (рис. 2). Улучшение эксплуатационных характеристик (КПД в широком диапазоне $91 - 94\%$) стало возможным благодаря высокому уровню равномерности температурного поля в топочном пространстве.

Модернизированные котлы типа ДЕ и Е значительно расширили диапазон регулирования по мощности ($k_p > 10$) при КПД = $93 - 95\%$.

ГУ на основе струйно-нишевой системы – это устройства прямоточного типа, в силу этого в топочном пространстве отсутствуют вихри больших объемов и соответственно наброс факела на экраны трубы, что характерно для всех ГУ с закруткой потока. Поэтому по согласованию с заводом-изготовителем в топке возможен демонтаж защитных стенок боковых экранов, что улучшает тепловой режим эксплуатации труб и уменьшает их коррозионный износ в области соединения с коллекторами.

Розжиг горелочных устройств типа СНТ происходит при давлении газа в несколько миллиметров водяного столба. (рис. 3) Благодаря этому выход на режим котла осуществляется при одновременной работе всех ГУ. В настоящее время начали уделять большое внимание автоматизации работы огнетехнического оборудования. В этой связи необходимо отметить, что технический уровень автоматики на-

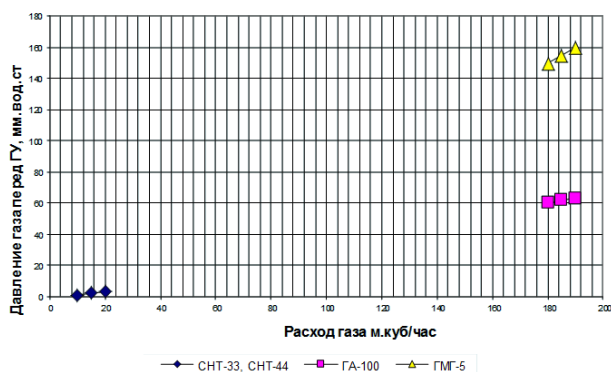


Рис. 3. Пусковые характеристики различных горелочных устройств

ходится в прямой зависимости с возможностями технологии сжигания. Например эта технология обеспечивает: розжиг ГУ при давлении газа меньше 1–3 мм. в. ст., регулировку мощности огнетехнического объекта всеми ГУ одновременно, работу ГУ в безвентиляторном режиме и т.д. Решение таких новых задач требует от автоматики более высокого уровня развития. Надо отметить, что автоматика за последние несколько лет сделала большой шаг вперед, но по-прежнему значительно отстает от возможностей новой технологии.

Помимо положительных результатов, аналогичных для водогрейных котлов, следует отметить, что в случае модернизации паровых котлов существенно улучшаются условия работы пароперегревателя и значительно уменьшается расход пара на парохладитель. Это подтверждает опыт эксплуатации модернизированных энергетических котлов на Одесской и Шосткинской ТЭЦ [7, 8].

Как известно, значительное время огнетехническое оборудование работает на частичных нагрузках, при этом, как правило, снижается его эффективность. При уменьшении нагрузки приходится отключать часть горелочных устройств и пропускать через них воздух для охлаждения.

Применение СНТ позволяет разжигаются и регулировать мощность ОО одновременно всеми ГУ с высоким уровнем эффективности. Вышеперечисленные особенности струйно-нишевой технологии повышает уровень КПД установок выше паспортных значений даже на оптимальных режимах работы, не говоря уже о частичных и предельных нагрузках (рис. 4), что обеспечивает значительную экономию топлива.

Вышеперечисленные особенности работы модернизированных на основе струйно-нишевой технологии огнетехнических установок позволяют увеличить межремонтный период их работы в 1.5 – 2 раза. Единственная из известных технологий сжигания – СНТ постоянно проходит тестирование заявляемых характеристик.

Перед модернизацией заказчик проводит ремонт котлоагрегата и восстановление характеристик близких к паспортным значениям при работе на штатных ГУ. Параллельно проверяются приборы, которыми оснащена котельная (термометры, манометры, рас-



Рис. 4. КПД и экономичность огнетехнического объекта

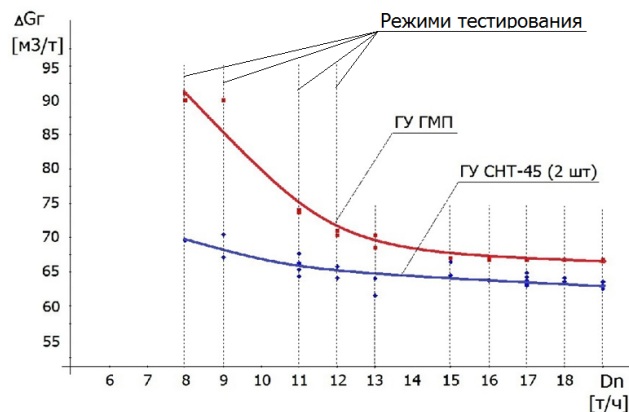


Рис. 5. ДЕ-25, РусАл

ходомеры, газоанализаторы, счетчики газа и т.д.). Согласовываются режимы, на которых проводятся испытания (как правило 6 – 10 режимов). Испытания проводятся по прямому и обратному балансу. На каждом режиме определяется удельные затраты топлива на единицу тепла, либо на единицу получаемой продукции (Гкал, тонн пара и т.д.).

Такие испытания проводились при заходе в крупные холдинги РусАл (Россия), Киевэнерго (Украина), Московская объединенная энергетическая компания (Россия), Метинвест (Украина). Длительность тестового испытания от 1 до 2-х лет, и при этом требует больших материальных и временных затрат.

На рис. 5 – 7 приведены результаты тестовых испытаний котлоагрегата по сравнению удельных затрат топлива на выработку 1 тонны пара и 1 Гкал со штатными ГУ и ГУ СНТ.

Видно, что модернизация огнетехнического объекта на основе СНТ значительно повышает эконо-

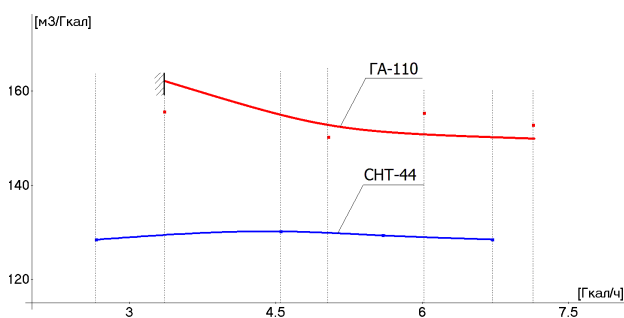


Рис. 6. ДКВР-10, Киевэнерго

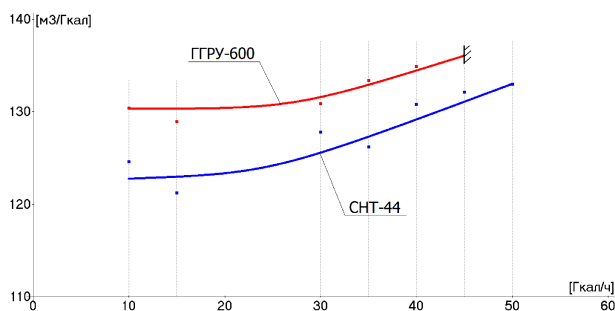


Рис. 7. ПТВМ-50, МОЭК

мичность работы котлоагрегатов. Причем на частичных нагрузках удельные затраты газа на выработку 1 Гкал значительно снижаются.

Выводы

Опыт эксплуатации различных огнетехнических устройств, модернизированных на основе струйно-нишевой технологии сжигания топлива, показал, что в их технологических схемах и конструкциях заложен значительный потенциал повышения уровня экономичности, экологической безопасности и надежности работы. Для высокоэффективного продления ресурса ОУ необходимо оптимизировать весь комплекс гидротермохимических процессов на основе СНТ.

Перечень использованных источников

1. Абдулин М. З. Некоторые аспекты повышения экономичности и экологической безопасности горелочных устройств — Энергетика, экономика, технология — 2000. — № 4 — 65–68 с.
2. Абдулин М. З. Применение струйно-нишевой технологии сжигания топлива в энергетических установках. Энергетические и теплотехнические

процессы и оборудование: Сбор. науч. труд. Вестник национального технического университета «ХПИ» — Х., 2005. — № 6.

3. Абдулин М. З. Струйно-нишевая система смесеобразования и стабилизации пламени:— Автореферат дис. — КПИ, — К., 1986.
4. Абдулин М. З., Дубовик В. С. Струйно-нишевая технология сжигания топлива на объектах муниципальной энергетики Новости теплоснабжения — М., 2004. — № 11 — 19–22 с.
5. Абдулин М. З., Дворцин Г. Р., Жученко А. М., Кулешов Ю. А., Овсиенко И. П. Оптимизация топочного процесса — путь к повышению эффективности, экологической безопасности и надежности работы котлов — Новости теплоснабжения — М., 2008. — № 4 — 31–34 с.
6. Абдулин М. З., Дворцин Г. Р., Жученко А. М., Доманский О. В., Порхун С. Ф. Универсальная технология сжигания — это реальность — Труды всероссийской научно-практической конференции «Повышение надежности и эффективности эксплуатации электрических станций и энергетических систем» — М., 2010. — 29–32 с.
7. Абдулин М. З., Дворцин Г. Р., Жученко А. М. Продление ресурса высокоэффективной работы энергетического оборудования на основе струйно-нишевой технологии — Труды всероссийской научно-практической конференции «Повышение надежности и эффективности эксплуатации электрических станций и энергетических систем» — М., 2012 — 137–140 с.
8. Абдулин М. З., Дворцин Г. Р., Жученко А. М. Опыт модернизации огнетехнических установок на основе струйно-нишевой технологии — Новости теплоснабжения — М., 2012. № 9 — 41–45 с.