

Оптимизация топочного процесса – путь к повышению эффективности, экологической безопасности и надежности работы котлов

М.З. Абдулин, заместитель заведующего кафедры ТЭУТ и АЭС, И.П. Овсиенко, магистрант, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт» (НТУУ «КПИ»); Г.Р. Дворцин, председатель совета учредителей, НТЦ «Флогистон», г. Киев; А.М. Жученко, председатель совета учредителей; Ю.А. Кулешов, главный инженер, НПО «СНТ», г. Киев

На сегодняшний день в странах СНГ эксплуатируются сотни тысяч водогрейных котлов тепловой мощностью до 1 МВт, наиболее распространенными из которых являются котлы типа НИИСТУ, «Надточия», «Универсал». Срок их эксплуатации составляет 20-25 лет и более. Выход за проектный срок службы, а также существующая ситуация с газоснабжением (падение давления в подводящих газопроводах, пульсации давления, непостоянство калорийных характеристик газа и др.) формируют современное положение и специфику работы данного оборудования.

Безотказная, эффективная и экологически чистая работа таких котлов возможна лишь при выполнении современных, повышенных требований к количественным и качественным характеристикам топочного процесса данных огнетехнических объектов. В этой связи, выступающими на первый план требованиями становятся:

1. равномерность температурного поля топочного пространства, обеспечивающего равномерность тепловосприятости трубами экранной

системы, что ведет к недопущению локальных перегревов и пережогов поверхностей нагрева;

2. автоматичность к изменению тепловой мощности температурного поля продуктов сгорания. Данное требование обусловлено необходимостью длительной работы котла на нагрузках существенно меньше номинальных, с сохранением на номинальном или даже большем уровне основных теплотехнических показателей работы;

3. автоматичность к изменению давления продуктов сгорания в топочном пространстве; выполнение данного требования делает возможным существенное повышение эффективности работы котла на малых нагрузках путем полного отключения тягодутьевых средств;

4. возможность изменения в широком диапазоне коэффициентов избытка воздуха, а также соотношения составляющих конвективного и радиационного тепловых потоков от продуктов сгорания к поверхностям нагрева.

Поскольку перечисленные условия в значительной степени обеспечиваются применяемой технологией сжигания, то их анализ позволяет с

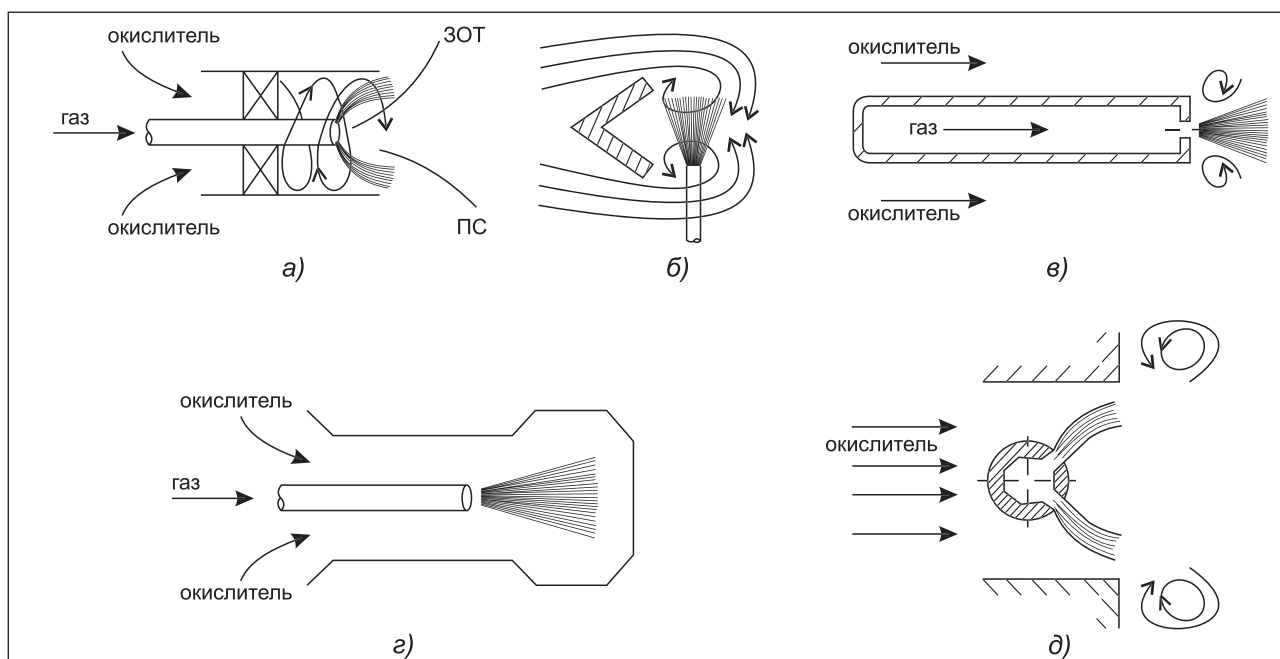
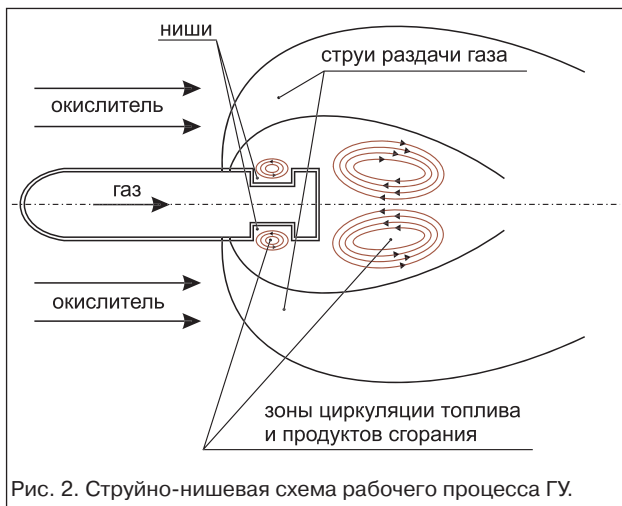


Рис. 1. Основные типы газодинамических схем ГУ:

а – закрутка потока окислителя для образования зоны обратных токов (ЗОТ) продуктов сгорания (ПС); б, в – образование ЗОТ за счет использования плохообтекаемых тел; г – инжекция окислителя горючим; д – щелевые и подовые газодинамические схемы, использующие для образования ЗОТ элементы выкладки топков котлов.



достаточной степень определенности подойти к вопросу выбора горелочного устройства (ГУ) для подобных котлов и четко сформулировать основные требования к нему:

- легкий и надежный розжиг при минимально возможном расходе газа;
- устойчивое (безхлопковое) горение в широком диапазоне скоростей горючего и окислителя (для предотвращения срыва факела при резких колебаниях давления газа и воздуха);
- необходимый диапазон регулирования по мощности и коэффициенту избытка воздуха

(для обеспечения оптимальных режимов сушки футеровки и теплового состояния элементов огнетехнического объекта, необходимого качества продуктов сгорания и их температурного уровня, а также обеспечения регулировки мощности без отключения части ГУ);

- максимально возможная полнота сгорания топлива в топочном объеме;
- допустимый уровень эмиссии токсичных веществ (NO_x , CO , SO_2 и т.д.) во всем диапазоне нагрузок;
- возможность регулировки длиной и светимостью факела, а также его аэродинамической и концентрационной структурой (для обеспечения необходимой интенсивности и равномерности распределения тепловых потоков, уменьшения вероятности соприкосновения факела с элементами огнетехнического объекта, образования окислительной или восстановительной среды в продуктах сгорания);
- минимально возможное сопротивление по трактам горючего и окислителя (для обеспечения возможности работы при низких давлениях газа и воздуха, снижение расхода электроэнергии на привод тягодутьевых машин);
- надежность и простота регулирования режимов работы (для упрощения автоматики и обеспечения безопасности);
- возможность надежной работы на самотяге и в безвентиляторном режиме на частичных нагрузках за счет разряжения, создаваемого дымососом либо трубой, что является важным при аварийных отключениях электроэнергии, а также позволяет существенно экономить электроэнергию;
- постоянство показателей рабочих характеристик в процессе эксплуатации;
- низкий уровень шума;
- модульность, позволяющая набирать ГУ необходимой мощности из автономно работающих модулей;
- технологичность, простота изготовления, низкая металлоемкость, отсутствие потребности в дорогих материалах.

В настоящее время на рынке Украины присутствует большое количество различного типа ГУ ведущих мировых производителей. Основные усилия при разработках таких устройств производители направляют на обеспечение рационального распределения горючего в потоке окислителя, турбулизацию топливной смеси и создание зон обратных токов в области стабилизации факела, однако если им это удастся, то в очень узких диапазонах изменения режимных факторов, и поэтому не обеспечивается вся полнота требований, в совокупности предъявляемых к топочному процессу.

Многолетние исследования основных стадий рабочего процесса ГУ (раздача горючего в по-

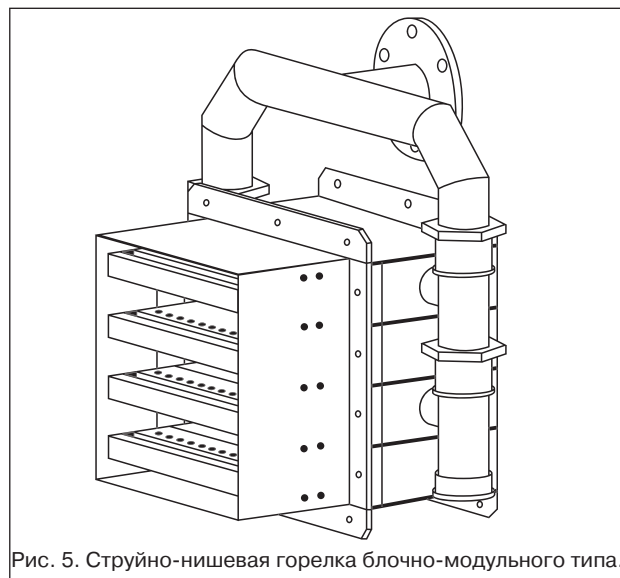
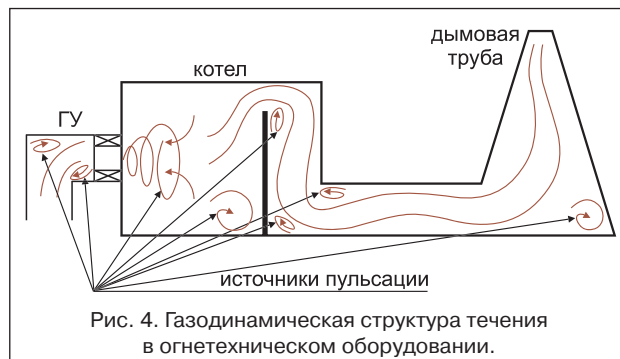
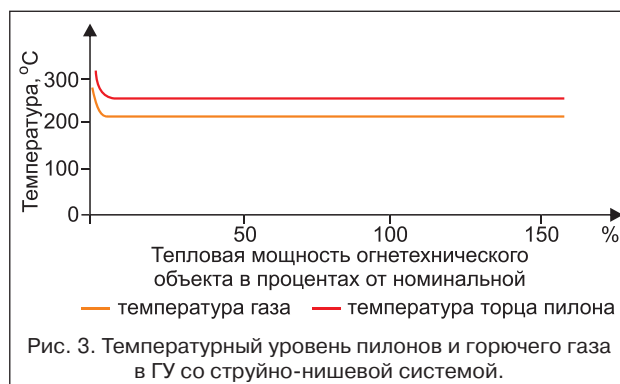
ток окислителя, смесеобразование, нагрев топлива, воспламенение, аэродинамическая, тепловая и концентрационная стабилизация горения, выгорание всей топливной смеси, формирование скоростных и температурных полей продуктов сгорания), проведенные в лаборатории горения НТУУ «КПИ», выявили определяющую роль аэродинамических процессов, что позволило классифицировать типы ГУ по нескольким газодинамическим схемам подачи горючего и окислителя (рис. 1).

Работа ГУ при переменных режимах осложняется разрушением циркуляционных зон высоконагретых продуктов сгорания, обеспечивающих аэродинамическую стабилизацию горения, нарушением равномерности распределения горючего в потоке окислителя, а также выходом концентрации топливной смеси в зонах обратных токов за пределы воспламенения.

Для решения этих проблем возможно использование технологии сжигания топлива, основанной на газодинамической схеме, предусматривающей поперечную подачу горючего в поток окислителя перед вихреобразователем в виде ниш (струйно-нишевая система) (рис. 2).

В струйно-нишевой системе в широких пределах изменения режимных факторов (скорость газа, воздуха, давления, температуры) реализуются устойчивые и легкоуправляемые вихревые структуры с высокой интенсивностью турбулентности потоков горючего и окислителя, а также зоны обратных токов, обеспечивающие качественное смесеобразование с необходимым уровнем горючей концентрации и надежную аэродинамическую стабилизацию горения. Объем вихрей на несколько порядков меньше, чем у традиционных вихревых ГУ, поэтому их влияние на пульсации в топке котла, а также эрозионное влияние на амбразуру и другие элементы котла относительно мало. Малый объем вихрей позволяет проводить пуск и эксплуатацию ГУ с малым расходом газа, что обеспечивает безопасность пуска. Улучшение смешительных свойств ГУ повышает надежность работы при предельно малых коэффициентах избытка воздуха и, следовательно, при повышенных значениях средней температуры факела в топке.

Все вышеописанное, позволяет увеличить тепловосприятие радиационной части, приводит к снижению температуры уходящих газов, т.к. количество тепла, переданное радиационным излучением в топке, в соответствии с законом Стефана-Больцмана, пропорционально температуре факела в четвертой степени. Повышение среднего уровня температуры, ее равномерность в топке котла, вследствие оптимального смесеобразования, сопровождается значительным уменьшением неравномерности тепловых потоков, и, таким образом, приводит к повыше-



нию надежности работы котла в целом. Упорядоченная структура течения горючего и окислителя в ГУ со струйно-нишевой системой обеспечивает самоохлаждение элементов ГУ за счет подогрева воздуха и газа (рис. 3). Одной из особенностей струйно-нишевой системы является малое гидравлическое сопротивление по трактам горючего и окислителя, что позволяет значительно снизить давление газа и воздуха при эксплуатации ГУ. Все это позволяет предложенной технологии сжигания оптимально вписаться в сложную аэротермохимическую схему огнетехнического объекта и, в частности, водогрейного котла (рис. 4).

Струйно-нишевая технология, реализованная в ГУ типа СНГ (рис. 5), испытана на котлах («Надточия», НИИСТУ-5, ТВГ, КВГ, КВГМ, ПТВМ, Е, ДЕ) и других объектах различного типа и производитель-

ности. Так, например, при проведении модернизации парового котла ДЕ-25 путем установки двух ГУ СНГ-45 были получены следующие результаты:

- надежный и безхлопковый розжиг котла на нагрузке менее 5%;
- коэффициент регулирования нагрузки – не менее 20 (расход пара – $1,9 \div 27$ т/ч);
- экологические показатели не превышают нормы ПДК;
- снижение нагрузки на тягодутьевые средства – не менее чем на 50%;
- экономические показатели во всем диапазоне нагрузок – не ниже паспортных;
- минимально устойчивый режим работы – не более 20% от номинальной мощности;
- неравномерность тепловосприятия по экранной поверхностям – не более 10%;
- отсутствие застоя и опрокидывания циркуляции в контуре ввиду высокой степени равномерности температурного поля продуктов сгорания.

Из результатов модернизации наиболее распространенного типа котлов ДКВр следует, что котлы, находившиеся в эксплуатации более 40 лет и снизившие свои эксплуатационные характеристики, после модернизации не только улучшили показатели, но и превысили их паспортные значения. Такой эффект наблюдался на многих десятках модернизированных объектов.

Выводы

1. Топочные процессы играют определяющую роль при эксплуатации морально устаревшего огнетехнического оборудования.
2. Широкомасштабное внедрение струйно-нишевой технологии сжигания топлива на различных объектах позволило определить путь к высокоэффективной малозатратной модернизации.

Литература

1. Долинский А.А., Черняк В.П., Сигал А.И., Базеев Е.Г. К основным положениям концепции развития малой энергетики Украины // Промтеплотехника. 1998. Т. 14, № 4.
2. Абдулин М.З. Некоторые аспекты повышения экономичности и экологической безопасности горелочных устройств // Энергетика, экономика, технология. 2000. № 4. С. 65-68.
3. Абдулин М.З. Струйно-нишевая система смесеобразования и стабилизации пламени. Автореферат дис. Киев, НТУУ «КПИ», 1986.
4. Абдулін М.З., Ібрагім Джамал. Дослідження пальникового пристрою з поперечною подачею струменів палива // Еко-технології та ресурсозбереження. 1997. № 2. С. 68-69.
5. Акилов В.А., Бридун Е.В., Ватачин М.Ю. и др. Актуальные проблемы устойчивого развития. Применение новых технологий сжигания топлива // Киев: О-во «Знание», 2003. 430 с.
6. Глухарев Ю.В., Дубовик В.С. Опыт внедрения горелочных устройств типа СНГ на основе струйно-нишевой технологии сжигания топлива // «Новости теплоснабжения». 2003. № 11. С. 20-21.
7. Абдулин М.З., Дубовик В.С. Струйно-нишевая технология сжигания топлива на объектах муниципальной энергетики // «Новости теплоснабжения». 2004. № 11. С. 19-22.