

УДК 536.422.4

И.Н. КУЗЬМЕНКО, А.Л. ГУРИН, С.А. БОНДАРЕНКО, А.В. САВЕЛЬЕВА

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА И АНАЛИЗ РАБОТЫ ВОДОНАГРЕВАТЕЛЯ ДЛЯ СИСТЕМ ЛОКАЛЬНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Вступление и постановка задачи

По экспертным оценкам, в украинской муниципальной энергетике и промышленности котлами малой производительности вырабатывается до 40 % всей тепловой энергии [1]. В основном, это котлы типа "НИИСТУ-5", "Универсал", КПД которых составляет до 82% при температуре уходящих газов 280°C. Для повышения КПД и снижения достаточно высокой температуры за этими котлами устанавливаются утилизаторы теплоты.

Более радикальным методом является техническое переоснащение котельных. В частности, установка контактных водонагревателей позволяет снизить температуру уходящих газов практически до температуры поступающей в аппарат сетевой воды [4] и за счет этого повысить КПД. Однако температура сетевой воды на выходе не превышает температуру динамического равновесия между продуктами сгорания и жидкостью, т.н. температуру "мокрого термометра".

Устранить этот недостаток позволяет применение в системах локального теплоснабжения водонагревателя контактно-поверхностного типа (ВКПТ) [2, 3], разработанного специалистами кафедры АПЭПС теплоэнергетического факультета совместно с ООО НПО "Буран-Прогресс". В связи с этим разработка методики расчета ВКПТ и определение рекомендуемых параметров его работы является актуальной задачей.

Конструкция и принцип работы

Аппарат состоит из камеры сгорания (2) с экранными трубами (3), контактной камеры (4), крышки (5), в которой размещены сепаратор-каплеуловитель и водораспределитель. Водонагреватель оснащен предохранительным клапаном (6) и покрыт теплоизолирующими панелями (7).

Принцип работы водонагревателя заключается в следующем. Уходящие дымовые газы после камеры сгорания (2) проходят сквозь контактную камеру (4), размещенный в крышке жалюзийный сепаратор-каплеуловитель (5) и выбрасываются наружу. При этом особенности конструкции обеспечивают передачу от продуктов сгорания к воде как

явной, так и скрытой теплоты конденсации.

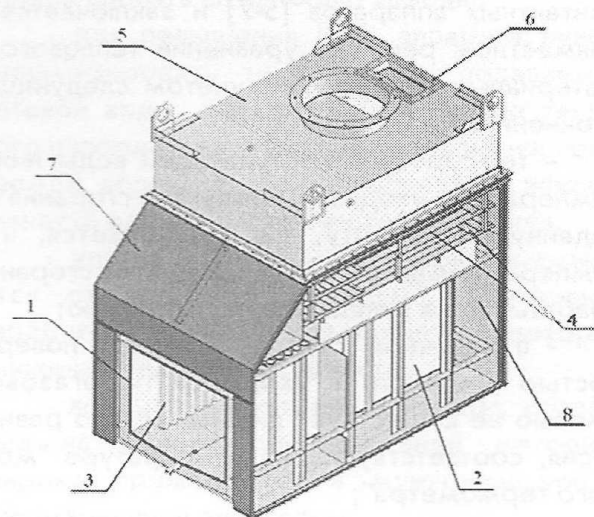


Рис. 1. Схематическое изображение водонагревателя:

- 1 - место для установки горелки;
- 2 - камера сгорания;
- 3 - экранные трубы;
- 4 - контактная камера;
- 5 - крышка с жалюзийным сепаратором и водораспределителем;
- 6 - предохранительный клапан;
- 7 - теплоизолирующая обшивка;
- 8 - водяной бак

Сетевая вода, двигаясь противотоком, поступает через водораспределитель в контактную камеру и далее - в водяной бак (8), в котором располагается камера сгорания (2). После этого через патрубок в верхней части водяного бака вода подается в сеть. За счет тепло-массообменных процессов между жидкостью и продуктами сгорания в контактной камере увеличивается температура воды до температуры динамического равновесия с продуктами сгорания (температуры "мокрого термометра"). В водяном баке за счет поверхностного теплообмена между камерой сгорания и водой удается достичь температуры жидкости выше температуры "мокрого термометра". Одновременно в баке осуществляется деаэрация агрессивных газовых примесей, поглощенных жидкостью в контактной камере. Это снижает коррозионную активность сетевой воды в несколько раз. В силу таких конструктивных осо-

бенностей разработанный водонагреватель имеет более высокие теплотехнические показатели, чем у аналогов [9].

Расчет параметров ВКПТ

Методика расчета включает в себя определение тепловых показателей работы аппарата и проведение поверочного расчета.

Определение тепловых показателей ВКПТ основан на методике теплового расчета контактных аппаратов [5-7] и заключается в совместном решении уравнений теплового и материального баланса с учетом следующих уточнений:

- температура поступающей воды ниже температуры уходящих продуктов сгорания на заданную константу, т.е. допускается, что температурный потенциал продуктов сгорания срабатывается в аппарате не полностью;
- в конечном состоянии между поверхностью жидкости и уходящей парогазовой смесью не существует динамического равновесия, соответствующего температуре "мокрого термометра";
- процесс в контактной камере ВКПТ рассчитывается при конечной температуре продуктов сгорания.

Собственно поверочный расчет построен на определении суммарной мощности камеры сгорания (КС) и контактной камеры (КК) при заданных геометрических размерах $Q=Q_{КС}+Q_{КК}$, кВт. При выполнении поверочного расчета приняты следующие допущения:

- расчет мощности КС учитывает теплоту конвекции [9];
- расчет мощности КК проводим, зная объем зоны контакта и задаваясь удельной мощностью камеры [8].

Результаты расчета

Оценку тепловой эффективности разработанного аппарата проводим по КПД и массе конденсата, полученного в КК. Оценим влияние температурного напора между подаваемой из сети водой и уходящими продуктами сгорания (рис.2, рис.3).

Из рис. 2 видно, что с ростом температуры подаваемой воды выше 15°C КПД снижается, и при температуре выше 38°C - резко падает. Это связано с уменьшением количества конденсата, полученного на барботажных решетках контактной камеры и, соответственно, теплоты конденсации.

Кроме этого, на рис. 2 нанесены результаты расчета КПД ВКПТ (мощностью 100 кВт с горелкой Р20 при температурном напоре 15°C) по прямому балансу, полученные на

основе экспериментальных исследований. Как видно из рисунка, отклонение расчетных и экспериментальных результатов не превышает 9%, что является допустимым при расчетах по прямому и обратному балансам [4].

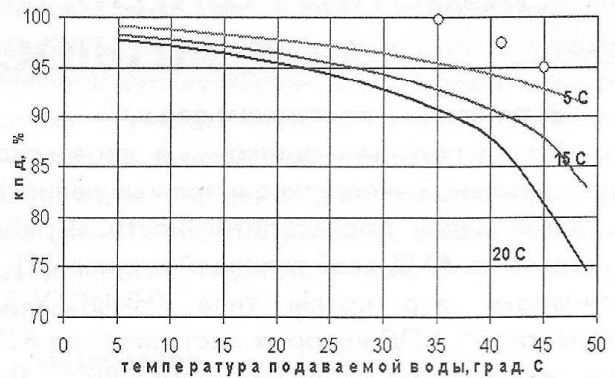


Рис. 2. Зависимость КПД ВКПТ от температуры подаваемой воды при изменении температурного напора от 5 до 20°C

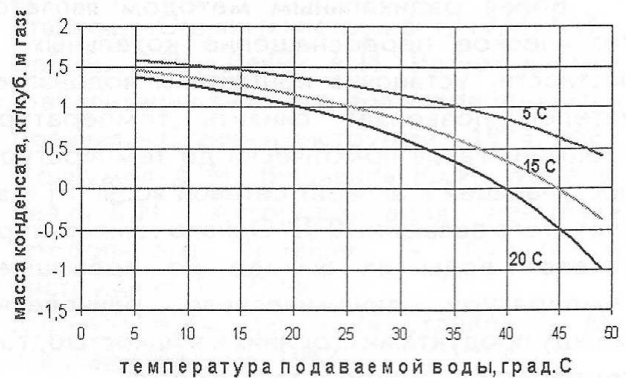


Рис. 3. Зависимость массы конденсата ВКПТ от температуры подаваемой воды при изменении температурного напора от 5 до 20°C

При этом, как видно из рис. 3, при температуре подаваемой воды выше 40°C и температурном напоре 20°C вместо процесса конденсации в аппарате начинается испарение жидкости. Это приводит к переносу теплоты испарения в уходящие продукты сгорания и соответствующему снижению КПД аппарата. На рис. 2 эта точка соответствует перелому на кривых зависимости КПД от температуры.

То есть, для повышения КПД аппарата нужно минимизировать допустимую температуру подаваемой из сети воды и обеспечить отсутствие теплового напора между уходящими газами и подаваемой водой, что определяется конструкцией аппарата.

На рис. 4 показано зависимость КПД и массы конденсата в водонагревателе при разных коэффициентах избытка воздуха и температуры подаваемой сетевой воды. Как видно, с ростом коэффициента избытка воздуха происходит снижение массы конденсата и, соответственно, КПД аппарата.

Таким образом, для повышения КПД следует снижать количество балластного воздуха в аппарате путем повышения эффективности работы горелочного устройства.

Результаты поверочного расчета ВКПТ показаны на рис. 5 в виде зависимости удельной мощности аппарата от объема, занимаемого продуктами сгорания, то есть суммарного объема камеры сгорания и контактной камеры.

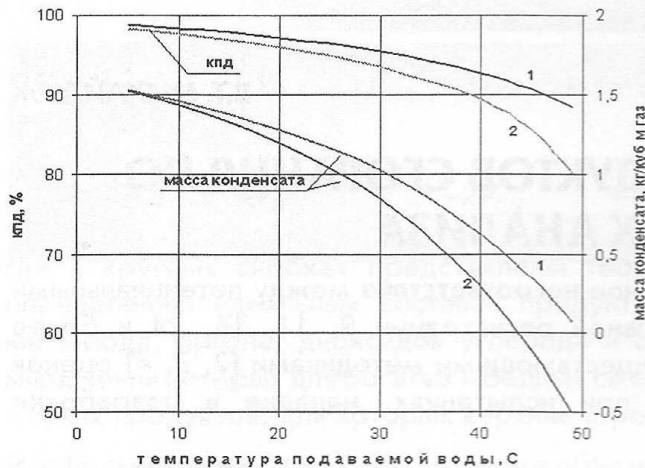


Рис. 4. Зависимость КПД и массы конденсата в водонагревателе от температуры подаваемой воды при значениях коэффициента избытка воздуха:

1 - 1,05;

2 - 1,5 (температурный напор между уходящими газами и поступающей водой 10°C)

Из рис. 5 видно, что рассчитанная удельная мощность разработанного конструктивного ряда ВКПТ варьируется от 725 до 620 кВт/м³. При этом, как видно из рис.5, увеличение габаритов аппарата вызывает некоторое снижение удельной мощности, что с допустимой точностью соответствует результатам натурных испытаний, отмеченных точками.

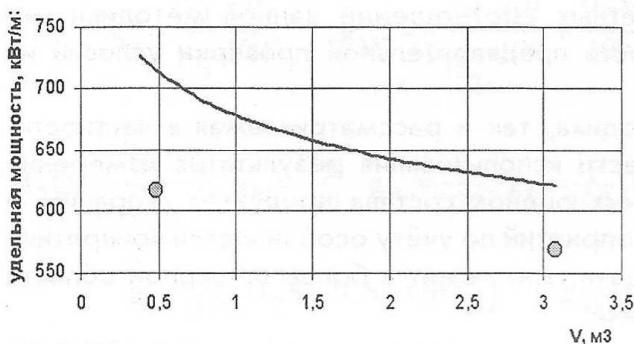


Рис. 5. Зависимость удельной мощности аппарата от его объема по уходящим газам (кривая — расчет, точки — эксперимент)

Создание методики проектирования, результаты расчетов, спрос на высокоэффективные нагревательные аппараты послужили основой для их производства и внедрения.

Суммарная мощность уже работающих водонагревателей контактно-поверхностного типа составляет более 50 МВт, из них около 4/5 всех аппаратов установлено в муниципальной энергетике и 1/5 в промышленном теплоснабжении.

Выводы

Таким образом, из проведенной работы можно сделать следующие выводы:

- для повышения КПД аппарата нужно минимизировать температуру подаваемой сетевой воды, обеспечить отсутствие теплового напора между уходящими газами и подаваемой водой, а также добиваться эффективности работы горелочного устройства;

- удельная мощность аппарата варьируется от 620 до 725 кВт/м³. Увеличение габаритов аппарата вызывает некоторое снижение удельной мощности;

- водонагревательные аппараты, созданные на основе предложенной методики широко применяются в муниципальной и промышленной энергетике.

Дальнейшее изучение процессов в водонагревателе контактно-поверхностного типа направлено на исследование проблемы коррозионной активности сетевой воды.

Литература

1. Проведение инвентаризации энергоиспользующего оборудования теплового хозяйства Украины и разработка на этой основе предложений по улучшению его технико-экономических показателей. - К.: Отчет по НИР/ УкрНИИИнжпроект, 1993. - 350 с.
2. Пат. 52358А Україна, МПК6 F24Н1/10. Контактно-поверхневий водонагрівач/ Сало В.П., Синявський Р.В., Сліпченко В.Г. - Чинний від 16.12.02.
3. Пат. 52364А Україна, МПК6 F24Н1/10. Контактно-поверхневий водонагрівач/ Сало В.П., Синявський Р.В., Сліпченко В.Г. - Чинний від 16.12.02.
4. Соснин Ю.П., Бухаркин Е.Н. Контактные водонагреватели.-М.:Стройиздат,1974.-359с.
5. Алабовский А.Н. Методика теплового расчета барботажных выпарных аппаратов// Промышленная теплотехника. - 1985. Т.7. - № 5. - С. 17-20.
6. Алабовский А.Н., Стрельцов Г.В., Королевич А.Я. Повышение эффективности использования топлива в выпарных аппаратах погружного горения// Промышленная теплотехника. - 1987. Т.9. - № 5. - С. 90-93.

7. Сорока Б.С., Шандор П, Пьяных К.Е., Андриенко Д.В. Система децентрализованного теплоснабжения на основе аппаратов погружного горения: термодинамический анализ и пути совершенствования// Промышленная теплотехника. - 2001. Т. 23. - № 3. - С. 112-119.
8. Мухленов И.П., Тарат Э.Я. "Пенный режим и пенные аппараты". - Л., Химия, 1977. - 304с.
9. Сало В.П., Кузьменко И.Н., Беренок К.В., Лысенко Т.В. Новый тип водонагревателя для систем локального теплоснабжения// Энергоэффективность крупного промышленного региона: Сб. научн. тр. -. Донецк. Донецкое отд. Академии технологич. наук Украины, 2004. - С. 212-214.