

УДК 662.614

ВИНОГРАДОВ-САЛТЫКОВ В.А.<sup>1</sup>, МАРЦЕНКО В.П.<sup>2</sup>, ФЕДОРОВ В.Г.<sup>3</sup>.<sup>1</sup> *Национальный университет пищевых технологий.*<sup>2</sup> *Филиал Киевэнерго "Жилтеплоэнерго".*<sup>3</sup> *Открытый международный университет развития человека "Украина".*

## КОРРЕЛЯЦИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПЕРЕПАДОВ И ТЕПЛОПOTЕРЬ ОТ ОГРАЖДЕНИЙ ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОВ

На підставі тепло- та термометричних досліджень огорожень водогрійних котлів кількох типів зроблена спроба встановити зв'язок між густиною теплового потоку та перепадом температур „стенка-повітря” в умовах експлуатації котелень. Наявність неконтрольованих перешкод завадила встановленню функціонального зв'язку. Показано, що лінійна кореляція описує цей зв'язок не гірше за наявні формули емпіричного та напівемпіричного характеру.

На основе тепло- и термометрических исследований ограждений водогрейных котлов нескольких типов сделана попытка установить связь между плотностью теплового потока и перепадом температур „стенка-воздух” в условиях эксплуатации котелен. Наличие неконтролируемых помех помешало установить функциональную связь. Показано, что линейная корреляция описывает эту связь не хуже, чем имеющиеся формулы эмпирического и полуэмпирического характера.

Heatflux – and thermometric tests of surfaces of hot-water boilers were used for determination of connection between density of heat flux and temperature difference „surface of brickwork – air indoors”. Presence of unchecking disturbances impedes functional connection. It was demonstrated that linear correlation is not worse than available empirical and half-empirical formulae.

$B$  – расход топлива, кг/с;

$F$  – площадь участка поверхности ограждения, м<sup>2</sup>;

$Q_p^p$  – располагаемое тепло в топке на единицу массы рабочего топлива, Дж/кг;

$q_5$  – потери теплоты котлом в окружающую среду, %;

$q$  – плотность теплового тока, Вт/м<sup>2</sup>;

$T$  – температура по абсолютной шкале, К;

$t$  – температура по шкале Цельсия, °С;

$\alpha$  – коэффициент теплоотдачи, Вт(м<sup>2</sup> · К)<sup>-1</sup>;

ЖТЭ – Жилтеплоэнерго;

ИТТФ – Институт технической теплофизики;

НУПТ – Национальный университет пищевых технологий.

**Индексы:**

$i$  – номер участка поверхности ограждения;

$v$  – воздух за пределами пристенного слоя;

$k$  – конвективный;

$l$  – лучистый;

$c$  – стенка.

Объективная информация о величине теплопотерь от изоляционных ограждений водогрейных котлов важна не только для составления теплового баланса, но и для изыскания рациональных путей снижения этих потерь. Снижение расхода газа на 0,1 % в системе ЖТЭ приводит к экономии газа 1300 м<sup>3</sup>/сутки [1]. Нормативным способом определения  $q_5$  является расчет этой величины из формулы

$$q_5 = \Sigma \frac{\alpha_i F_i (t_{c_i} - t_{\theta})}{B Q_p^p} 100. \quad (1)$$

Коэффициенты теплоотдачи  $\alpha_i$  при этом рассчитывают как сумму конвективной  $\alpha_{ki}$  и лучистой  $\alpha_{li}$  составляющих

$$\alpha_i = \alpha_{ki} + \alpha_{li} = 2,2 (t_{c_i} - t_{\theta})^{0,25} + 4,5 \cdot 10^{-8} \frac{T_{c_i}^4 - T_{\theta}^4}{t_{c_i} - t_{\theta}}. \quad (2)$$

Первое слагаемое (2) получено упрощением уравнения теплового подобия при движении воздуха в основном в ламинарном режиме в неограниченном пространстве, второе – как отношение результирующего потока излучением между по-

верхностями ограждения котла и окружающими предметами к температурному перепаду „поверхность котла – воздух в котельной”. Степень черноты поверхностей ограждения в (2) принята равной 0,8.

До сих пор [2] для определения  $\alpha_i$  пользуются также эмпирической формулой Каммерера [3] для плоских стенок с заметным теплообменом конвекцией и лучеиспусканием в условиях, приближенных к производственным

$$\alpha_i = 1,163 [8,4 + 0,06 (t_{ci} - t_g)]. \quad (3)$$

Прямые измерения  $q_i$  и  $(t_{ci} - t_g)$  на вертикальных поверхностях прямооточного парового котла ТГМП-314А производительностью 1000 т/ч показали [4], что значения  $\alpha_i = q_i (t_{ci} - t_g)^{-1}$  получаются на 10–12 % выше, чем по расчету из (2) или (3). Статистическая обработка опытных данных по всем поверхностям обмуровки котла дала возможность установить неполную линейную функциональную связь между  $q_i$  и  $(t_{ci} - t_g)$ , а именно  $\alpha_i = 12 \pm 0,5 \text{ Вт (м}^2\text{К)}^{-1}$ .

Целью данной работы является определение связи между  $q_i$  и  $(t_{ci} - t_g)$  для ограждений водогрейных котлов наиболее распространенных типов.

Первую серию опытов проводили на котлах НИИСТУ-5 и НИИСТУ-5х2 (спарка), а также на паровом котле ДКВР-10М (модернизированном), переведенном на водогрейный режим. Котлы НИИСТУ считаются устаревшими, однако только в ЖТЭ эксплуатируется около трехсот котлов этого типа. Паровые котлы ДКВР вышли победителями в соревновании с другими водотрубными котлами того же класса (КРШ, ВВД и т.п.), а при переходе с парового на водяное отопление выяснилось, что при этом увеличивается экономичность этих котлов за счет снижения расхода топлива и электроэнергии на собственные нужды, поскольку отпадает необходимость в питательных насосах и бойлерах. Упрощается схема химводоочистки. Уменьшается также  $q_5$  в связи с изменением температурного режима топки, газоходов и обмуровки.

Поверхность изоляционных ограждений котлов разбивали на 80÷120 прямоугольных участков примерно одинаковой площади. В центре каждого участка измеряли  $q_i$  с помощью тепломеров диаметром 31 мм и толщиной 1,8 мм, а так-

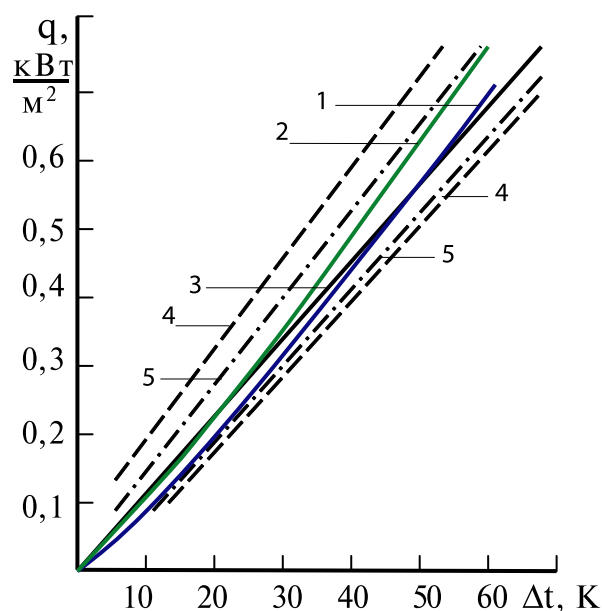
же  $t_{ci}$  термопарами, горячий спай которых заделывали по центру тепломера со стороны прижатия к обмуровке. Температуру  $t_g$  измеряли по обычной рекомендации – ртутным термометром возле стенда КИП.

Статистическая компьютерная обработка всего массива результатов измерений в первых сериях показала слишком большой разброс опытных данных. Поэтому была предпринята попытка выяснить характер полей температуры и скорости воздуха за границей пристенного слоя у типичных поверхностей ограждений. Она показала существенную разбежность температур, причем от температуры воздуха возле стенда КИП отличие могло достигать нескольких кельвинов. Это же касается скорости воздуха – она колебалась без какой-либо закономерности от 0,1 м/с, что соответствует свободной конвекции в этих условиях, до 2 м/с. Объяснить это можно наличием сквозняков и работой вентиляторов, а учесть очень сложно.

Поэтому в дальнейших сериях измеряем непосредственно  $\Delta t_i = t_{ci} - t_{ei}$ , располагая холодный спай в воздухе напротив тепломера с горячим спаем на расстоянии 3 см от него, с экраном из фольги, который не мешал воздуху омывать холодный спай. Исследовали газовые водогрейные котлы Института газа НАНУ ТВГ-4, ТВГ-8, а также КВГ-6,5 со стандартной обмуровкой и с ее заменой на шамотно-волоконистые плиты ШПГТ-450.

Новая методика измерения  $\Delta t_i$  привела к существенному снижению разброса величины  $\alpha_i$ , но приемлемой корреляции между  $\Delta t_i$  и  $q_i$  получено не было. На рисунке нанесены линии расчетного характера 1 – по (2), 2 – по (3), 3 – исходя из [4] по уравнению  $q = 12 \cdot \Delta t$ . Чтобы не затемнять рисунок, на него не нанесли массив опытных точек, вместо этого нанесены границы возможной связи  $\Delta t_i$  и  $q_i$  после удаления результатов, не прошедших проверку принадлежности к генеральной совокупности данных по критерию Стьюдента. Штриховые линии 4 соответствуют результатам первой серии опытов, а штрихпунктирные 5 – второй серии.

Завышенные по сравнению с (2) или (3) значения  $\alpha$  объясняются упомянутой выше принудительной составляющей скорости воздуха у по-



**Связь температурных перепадов и плотности теплового потока на поверхностях ограждений водогрейных котлов.**

верхностей ограждений, а также тем, что фактическая степень черноты этих поверхностей может превышать 0,8. Область заниженных значений  $\alpha$  сравнительно узкая, их можно объяснить резким снижением  $\alpha_{ли}$ , если рядом с испытуемым работает другой котел.

Из рисунка видно, что простая зависимость  $q = 12 \cdot \Delta t$  в зоне нормированных перепадов температур 10–30 К описывает связь между  $\Delta t$  и  $q$  не хуже, чем формулы (2) и (3). Поэтому службам эксплуатации водогрейных котлов, не имеющим теплотемпературной аппаратуры для контроля теплозащитных свойств обмуровки (эта аппаратура производится в отделе теплотемпературии ИТТФ НАНУ и на кафедре теплотехники НУПТ), можно для этой цели приспособлять стандартные термошупы. На ручку термошупа закрепляется ртутный или спиртовой термометр так, чтобы его головка находилась за пределами пристенного слоя

воздуха (на 3–4 см от ограждения). Если термошуп термометрический, то можно расположить холодные спаи на том же расстоянии от пластинки с горячими спаями, тогда измеряется сразу  $\Delta t_i = t_{ci} - t_{ei}$ .

Отсутствие полной функциональной связи между  $q$  и  $\Delta t$  для наружных поверхностей водогрейных котлов — это еще одно свидетельство того, что так называемый “закон Ньютона” в действительности является лишь удобным расчетным приемом.

### Выводы

1. На основании данных прямых измерений тепловых потоков и температур на вертикальных поверхностях водогрейных котлов была установлена неполная линейная функциональная связь между  $q_i$  и  $(t_{ci} - t_{ei})$ , а именно:  $q = 12 \cdot \Delta t$ .

2. Предложен простой способ расчета плотности теплового потока по показаниям термошупа.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Марценко В.П., Федоров В.Г. Эффективность изоляционных ограждений водогрейных котлов // Пром. теплотехника 2000. Т.22, № 2. С. 78-80.
2. Марчак И.И., Гольшев Л.В., Мысак И.С. Методика определения потери тепла паровым котлом в окружающую среду // Теплоэнергетика. 2001. № 10. С. 67-70.
3. Cammerer J.S. Erleuchtungen zuden VDI-Rechtlinien für Wärme – und Kalteschutz/ Brennstoff-Wärme-Kraft. 1958. Bd.10, № 3. S.119-121.
4. Федоров В.Г., Виноградов-Салтыков В.А., Новик М.И. Теплотемпература наружных поверхностей котла ТГМП-314А // Экологические и ресурсосбережение. 1999. № 4. С. 77-79.

Получено 19.05.2005 г.