

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ОРЕБРЕННОЙ ПОВЕРХНОСТИ ТЕПЛОУТИЛИЗАТОРА КОТЕЛЬНОГО АГРЕГАТА ПРИ ГЛУБОКОМ ОХЛАЖДЕНИИ ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ (ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ)

Введение. Повышение энергоэффективности котельных агрегатов возможно за счет размещения в газоходе водяных теплоутилизаторов. Глубокое охлаждение продуктов сгорания обеспечит повышение эффективности котельных агрегатов, их КПД увеличится на 6-8 % [1-3]. Однако сложность теплотехнического расчета аппаратов и происходящих в них процессов конденсации водяного пара являются причиной ограничения их широкого применения.

Состояние проблемы. Известные в литературе методики расчета теплоутилизаторов с глубокой конденсацией водяного пара на оребренной поверхности приведены в работах [4-6].

В расчетах процессов теплообмена при конденсации водяного пара принимаются допущения о постоянстве α на поверхности ребра, а температура межреберной поверхности и поверхности ребер одинакова. Однако температура поверхности ребра от основания до вершины ребра существенно изменяется (в 1,5-2 раза в зависимости от толщины и материала ребра). При этом часть оребренной поверхности, имеющая высокую температуру, не участвует в процессе конденсации водяного пара и, если коэффициент теплоотдачи α относить к полной оребренной поверхности, возникает ошибка в 25-30 % и более. Поэтому необходимо знать ту площадь ребер и ее температуру, которая участвует в процессе конденсации.

Основные результаты исследования. Приводятся результаты аналитического исследования распределения температуры по высоте ребер теплоутилизатора в зависимости от высоты (r), толщины (δ_r) и материала (λ) оребрения. Исследовалось оребрение из алюминия ($\lambda = 205$ Вт/м·К) и углеродистой стали ($\lambda = 50$ Вт/м·К). Температура газов равна 70 °С, воды – 30 °С.

Распределение избыточной температуры по высоте ребра (радиусу цилиндрического ребра) определялось по формуле [7]:

$$\vartheta = \vartheta_1 \frac{I_o(mr)K_1(mr) + I_1(mr)K_o(mr)}{I_o(mr_1)K_1(mr) + I_1(mr)K_o(mr_1)}, \quad (1)$$

где $\vartheta_1 = t_2 - t_1$; t_2, t_1 – температура газов и

ребра у основания; $m = \sqrt{\frac{2\alpha}{\lambda_p \cdot \delta_p}}$; α – ко-

эффициент теплоотдачи от газов к поверхности ребер.

Влияние толщины ребра на температуру вершины ребра представлено на рис.1 ($h_p = 10$ мм; $\lambda = 205$ Вт/м·К; $\alpha = 100$ Вт/м²·К).

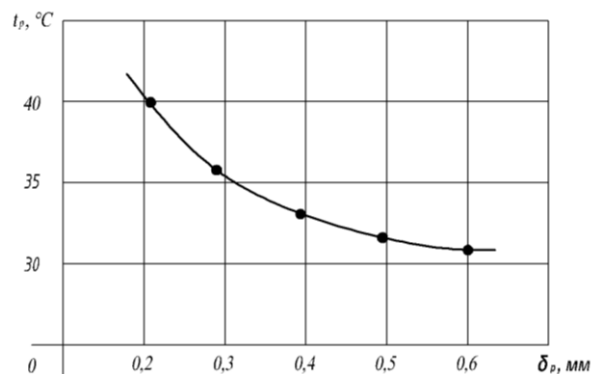


Рис.1. Зависимость температуры вершины ребра от толщины

Температура на вершине тонких алюминиевых ребер ($\delta_r = 0,2-0,3$ мм) отличается от температуры в основании ребра на 6-10 °С. Для ребер толщиной 0,5-0,6 мм разница составляет 3-4 °С.

На рис.2 показано распределение температуры по высоте ребра.

Для ребер высотой $h_p = 20$ мм разница температуры составляет 15-20 °С, а температура вершины ребра составляет около 45-50 °С. При более высокой температуре нагреваемой воды температура поверхности ребер может превышать температуру конденсации водяного пара (температуру точки росы) и процесс конденсации будет

проходить на меньшей поверхности, а на остальной площади – конвективный теплообмен без конденсации. Поэтому при расчете процессов теплообмена оребренных пучков труб и глубоком охлаждении продуктов сгорания возникают трудности при определении температуры оребренной поверхности. Остальная часть поверхности принимает участие в охлаждении продуктов сгорания, но интенсивность процесса меньше. Поэтому, можно принимать ребра меньшей высоты (12-15 мм) и толщиной 0,5-0,65 мм из алюминия, на которых конденсация водяного пара будет проходить по всей поверхности ребер [1].

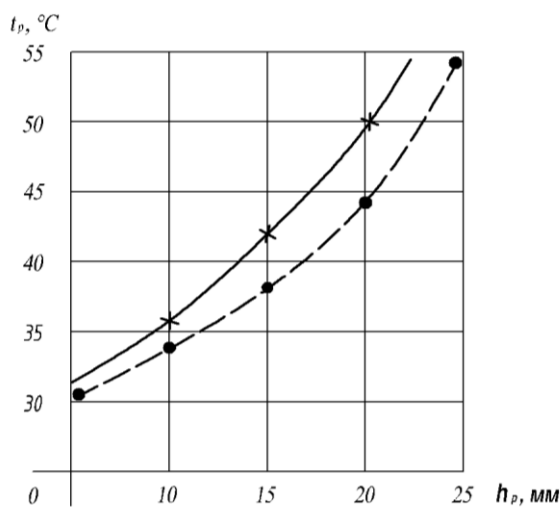


Рис. 2. Распределение температуры по высоте ребра: x – углеродистая сталь, $\delta_p = 1,5$ мм; • – алюминий, $\delta_p = 0,6$ мм

На рис. 3 показана зависимость температуры вершины ребра от интенсивности теплообмена между газами и поверхностью ребра.

Результаты показывают, что с увеличением значения коэффициента теплоотдачи на поверхности ребра разница температур в основании и на вершине ребра снижается до 3-4 °С, что позволяет делать допущения о равенстве температуры межреберной поверхности и поверхности алюминиевых ребер толщиной 0,50-0,65 мм и высотой 10-12 мм.

Однако с увеличением коэффициента теплоотдачи увеличивается также качество передаваемой теплоты через площадь

его основания, и температура ребра понижается более интенсивно с увеличением толщины ребра.

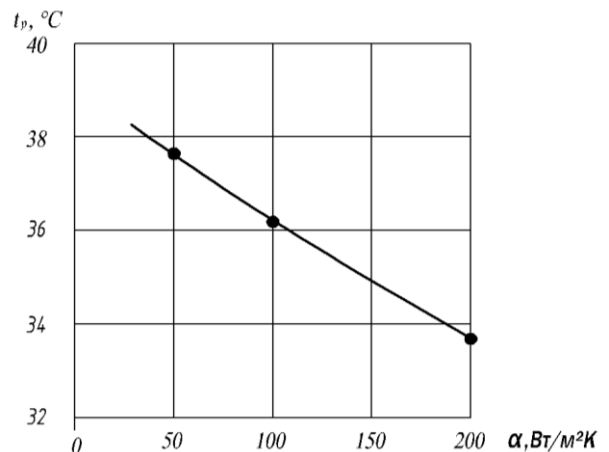


Рис. 3. Зависимость температуры вершины ребра от коэффициента теплоотдачи на поверхности ($h_p = 10$ мм; $\delta_p = 0,3$ мм; $\lambda = 205$ Вт/м·К)

Например, температура вершины алюминиевого ребра высотой $h_p = 10$ мм, толщиной $\delta_p = 0,3$ мм при $\alpha = 300$ Вт/м²·К равна 42,3 °С. Для более толстых алюминиевых ребер ($\delta_p = 0,8$ мм, $h_p = 10$ мм) при $\alpha = 300$ Вт/м²·К температура вершины ребра равна 35,8 °С, т.е. на 5,8 °С выше температуры основания. Таким образом, температура оребренной поверхности (межреберной поверхности и поверхности ребер) зависит от конструктивных параметров и существенно от значения коэффициента теплоотдачи. Поэтому требуется экспериментальная проверка принимаемых допущений в теплотехническом расчете.

Выводы. Результаты аналитического исследования показывают, что в расчетах процессов теплообмена оребренных пучков труб с глубоким охлаждением отходящих газов котельного агрегата и конденсацией водяного пара возможно допущение о равенстве температуры межреберной поверхности и поверхности прямых ребер, выполненных из алюминия высотой 10-12 мм, толщиной 0,50-0,80 мм и стали высотой 10 мм, толщиной 1,5-2,5 мм, при значении величины $(mr_2) \leq 3,2$ и $\alpha \leq 200$ Вт/м²·К. При увеличении значения α до 300-500 Вт/м²·К толщина ребра может быть увеличена до 1,0-1,2 мм.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Кудинов А.А. Энергосбережение в тепло-генерирующих установках / А.А. Кудинов. – Ульяновск: УлГТУ, 2000. – 139 с.
2. Аронов И.З. Контактный нагрев воды продуктами сгорания природного газа / И.З. Аронов. – Л.: Недра, 1990. – 280 с.
3. Куликова Наталья. Эффективность двух-ступенчатого теплоутилизатора на тепловых трубах / Н.В. Куликова, А.А. Редько // Motrol. – 2013.– Vol. 15, № 6. – P. 77–84.
4. Фиалко Н.М. Эффективность систем утилизации теплоты отходящих газов энергетических установок различного типа / Н.М. Фиалко, Ю.В. Шеренковский, А.И. Степанова, Р.А. Навродская, П.К. Голубинский, М.А. Новаковский // Промышленная тепло-техника. – 2008. – Т. 30, №3. – С.68-76.
5. Гончаренко А.Л. Совершенствование методов расчета, моделей и конструкций поверхностных конденсационных аппаратов котельных установок малой и средней мощности [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.14.14 / Гончаренко Александр Леонидович. – Х.: НТУ «ХПИ», 2012. – 204 с.
6. Жукаускас А.А. Конвективный перенос в теплообменниках / А.А. Жукаускас. – М.: Наука, 1982. – 472 с.
7. Юдин В.Ф. Теплообмен поперечнооренных труб / В.Ф. Юдин. – Л.: Машиностроение, 1982. – 189 с.

УДК 697.7

Болотских Н.Н.

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНФРАКРАСНЫХ ГАЗОВЫХ НАГРЕВАТЕЛЕЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ЗОНАЛЬНОГО ОТОПЛЕНИЯ

ВВЕДЕНИЕ

В мировой практике для отопления различных помещений больших и средних размеров все более широкое применение получает децентрализованное лучистое отопление с использованием газовых инфракрасных нагревателей. С их применением в отапливаемых помещениях лучистым путем обогреваются различные поверхности, а не объемы воздуха. Такая особенность позволила использовать их для обогрева отдельных зон, участков или рабочих мест в производственных помещениях без необходимости обогрева их целиком, чего невозможно достигнуть при использовании традиционных водяных или воздушных отопительных технологий. Практикой доказано, что применению инфракрасных систем для зонального (локального) отопления в производственных помещениях альтернативы нет. В связи с дальнейшим расширением области применения инфракрасных систем зонального обогрева в производственных помещениях весьма актуальной становится задача дальнейшего повышения их тепловой эффективности.

Зональный инфракрасный обогрев в настоящее время осуществляется с помощью газовых нагревателей двух типов: открытой и закрытой конструкции. Инфракрасные нагреватели открытой конструкции работают на принципе беспламенного сгорания газозвдушной смеси на поверхности пористой керамики при температурах от 600 до 1000°C и более. Нагретая таким образом керамическая плитка с помощью электромагнитных волн инфракрасного диапазона отдает тепло в зону обогрева.

Нагреватели открытой конструкции выпускаются рядом ведущих мировых компаний и фирм. Компания CARLIE-UKLIMA (Италия) выпускает нагреватели EUCERAMIC industry HE с тепловой мощностью от 8,1 до 54,2 кВт [1]. Компания DETROIT RADIANT PRODUCTS CO (США) для зонального обогрева освоила выпуск специальных керамических нагревателей открытой конструкции серии DR с тепловой мощностью от 1,8 до 34,2 кВт [2].

Фирма FRACCARO (Италия) для зонального и общего отопления помещений большой высоты выпускает нагреватели