

Рис. 2. Температурное поле слоя цеолита CaA при вынужденном переносе тепла (скорость фильтрации воздуха 0,142 м/с).

тальное отношение тепла на обработку слоя до средней температуры (490 Дж) к теплу адиабатного нагрева (1400 Дж) лежит в пределах теоретической оценки, задаваемой величинами $\eta = 2,9-4,6$ (при $N=400$).

Выполненный теоретический анализ и результаты экспериментального исследования подтверждают экономичность метода обработки слоя с распределенным источником тепла в режиме свободных тепловых волн, позволяющего в несколько раз сократить непроизводительные затраты тепла на разогрев массы скелета.

А.И. Козлов, Б.И. Крамник,
В.Ф. Скалабан, А.А. Андреянов

ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛООВОГО РАСЧЕТА ТЕПЛООБМЕННИКОВ ИЗ РЕБРИСТО-ЗУБЧАТЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПЕЧАХ ДЛЯ НАГРЕВА МЕТАЛЛА ПОД КОВКУ И ШТАМПОВКУ

Проблема утилизации тепла в пламенных печах во многом зависит от надежной и продолжительной работы металлических теплообменников.

Анализ работы рекуператоров в этих условиях показал, что продолжительность их эксплуатации во многом обусловлена правильным расчетом $t_{ст}$ и фактического коэффициента теплопередачи $K_{к.л} = f(T_g, \sigma_{пр})$.

Анализы показали, что величину $\sigma_{\text{пр}}$ определить довольно трудно ввиду сложного нахождения угловых коэффициентов ψ в системе ребристые элементы — предрекуператорное пространство, особенно для вторых и следующих рядов труб (элементов).

С целью упрощения задачи по нахождению величины ψ расчет производили в два этапа: от газов и кирпичной кладки на условную плоскость $abcd$ —излучатель ($\sigma'_{\text{пр}}$) и от плоскости $abcd$ на элементы теплообменника ($\sigma_{\text{пр}}$). Размеры плоскости определены: длина равна длине ребристо-зубчатого элемента (для наших условий $cd=1,1$ м), а ширина выбирается в зависимости от производительности рекуператора

$$ad = s_1 n,$$

где s_1 — поперечный шаг элементов; n — количество элементов по ходу воздуха (определяется производительностью установки).

Приведенные коэффициенты излучения $\sigma'_{\text{пр}}$ и $\sigma_{\text{пр}}$ на условную плоскость $abcd$ и от нее на элементы рассчитывали по формуле В.Н. Тимофеева. Если выбор угловых коэффициентов от рекуператорного пространства к площади $abcd$ не вызывал затруднений, то они возникали при определении ψ_{i-1} от площади $abcd$ к ребристым элементам ввиду отсутствия точных графических решений в системах такого типа.

Поэтому для нахождения значений ψ_{i-1} воспользовались методом светового моделирования, так как существует полная аналогия лучевого обмена в любых частях спектра излучения тел.

При построении световых моделей необходимо соблюдать общие правила моделирования, в частности, к ним относится выполнение оптического и геометрического подобия.

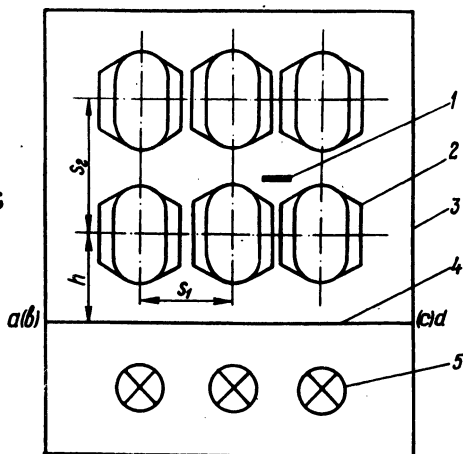
Рассмотрим, какие константы подобия должны быть использованы в этом случае. Приведенный коэффициент излучения в системе элементы теплообменника — условная плоскость предрекуператорного пространства равен

$$\sigma_{\text{пр}} = \sigma'_{\text{пр}} \epsilon_M \frac{\psi_{\text{пр,м}} (1 - \epsilon_{\text{пр}}) + 1}{\psi_{\text{пр,м}} (1 - \epsilon_{\text{пр}}) [\epsilon_M + \epsilon_{\text{пр}} (1 - \epsilon_M)] + \epsilon_{\text{пр}}},$$

где $\sigma'_{\text{пр}}$ — приведенный коэффициент излучения предрекуператорного пространства; ϵ_M — степень черноты элементов ре-

Рис. 1. Общий вид световой модели:

- 1—фотоспротивление ФС-К1;
 2—элементы рекуператора;
 3—световая камера;
 4—светорассеивающее стекло;
 5— лампы накаливания.



куператора; $\epsilon'_{\text{пр}} = \frac{\sigma'}{\sigma_{\text{ч.т}}}$ — приведенная степень черноты предрекуператорного пространства; $\psi_{\text{пр.м}}$ — коэффициент облученности условной поверхностью предрекуператорного пространства элементов рекуператора.

В соответствии с теорией подобия можно записать

$$\sigma_{\text{пр}}^{\text{м}} = M_{\sigma} \sigma_{\text{пр}}, \quad \epsilon_{\text{м}}^{\text{м}} = M_{\epsilon_{\text{м}}} \epsilon_{\text{м}},$$

$$\epsilon_{\text{пр}}^{\text{м}} = M_{\epsilon_{\text{пр}}} \epsilon_{\text{пр}}, \quad \psi_{\text{пр.м}}^{\text{м}} = M_{\psi} \psi_{\text{пр.м}},$$

где M_{σ} , M_{ψ} , $M_{\epsilon_{\text{м}}}$, $M_{\epsilon_{\text{пр}}}$ — множители подобного преобразования.

Тождественность оптических констант M_{σ} , $M_{\epsilon_{\text{м}}}$, $M_{\epsilon_{\text{пр}}}$ осуществлялась соответствующей окраской световой модели при условии, что $M_{\psi} = 1$.

Масштаб геометрического подобия с учетом возможностей эксперимента был выбран 1:5. Световая модель (рис. 1) представляет собой камеру размерами 250x250x400 мм, выполненную из фанеры. Параллельно основанию камеры на расстоянии 200 мм от дна установлено светорассеивающее стекло 2, через которое эта камера освещается. Элементы, сделанные из

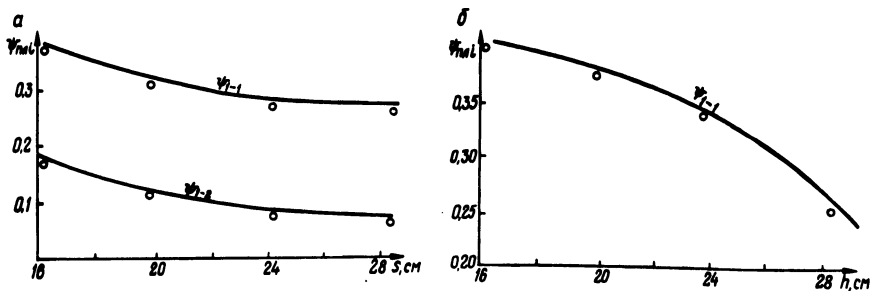


Рис. 2. Значение угловых коэффициентов с условной плоскости $abcd$ на первые два ряда элементов рекуператора в зависимости от поперечного шага S_1 (а) и размера h (б).

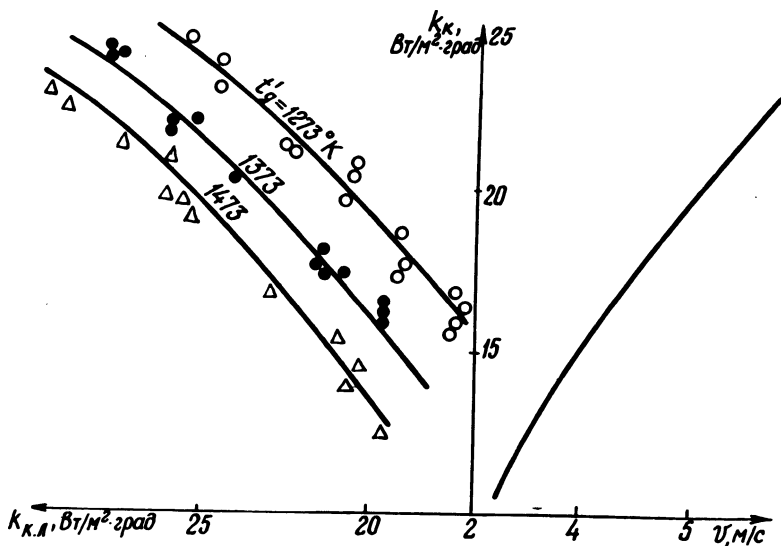


Рис. 3. Номограмма для расчета $k_{к,л}$ при переменной скорости v и различной температуре дыма t .

дерева, вставляются в камеру и крепятся при помощи винтов через отверстия, устроенные в стенках модели таким образом, что имеется возможность изменять как поперечный S_1 , так и продольный шаг S_2 . В качестве источника света применялись лампы накаливания. Освещенность измерялась (предварительно протарированным) фотосопротивлением ФС-К1.

На основании экспериментов получены значения Ψ для первого Ψ_{1-1} и последующих рядов. Значения Ψ_{1-3} во всем интервале измерений были меньше 0,07—0,05, что удовлетворительно согласуется с результатами наших наблюдений по оценке $\alpha_{\text{экспер}}$ для третьего ряда, где максимальные значения $\alpha_{\text{изл}} / \alpha_{\text{конв}} \leq 0,05 - 0,03$.

На рис. 2 показаны значения Ψ_{1-1} и Ψ_{1-2} в зависимости от поперечного шага s_1 и расстоянии h .

Полученные результаты были учтены при расчете $\alpha_g^{\text{изл}} = \alpha_g^{\text{изл}} + \alpha_g^{\text{конв}}$ и коэффициента теплоотдачи $k_{\text{кл}}$ для рекуператоров из литых ребристых элементов. В качестве примера на рис. 3 показана номограмма для определения $k_{\text{кл}}$ от скорости дыма v при нормальных условиях и температуры дымовых газов T ($ad=45$ см; $h=22,5$ см).

Как видно из номограммы, получается удовлетворительное совпадение расчетных кривых с экспериментом.

А.П. Несенчук, А.А. Шкляр
В.А. Каган, А.М. Ривкин

НАГРЕВ ШТАНГ В КАМЕРНЫХ ПЕЧАХ ГОРИЗОНТАЛЬНО-КОВОЧНЫХ МАШИН

Оптимальное распределение температуры в заготовке имеет исключительное значение при нагреве, так как от распределения температуры зависит время нагрева и величина окисления и обезуглероживания поверхности садки. В свою очередь, и то и другое в значительной мере определяют качество и себестоимость продукции.

Рассмотрим температурные поля при нагреве штанг из стали ШХ-15 в моменты времени 0,4; 0,5 и 0,6 ч, когда процессы окисления и обезуглероживания наиболее вероятны. Нагрев выполняется в камерной печи горизонтально-ковочной машины (ПКМ) и предшествует горячей ковке колец крупногабаритных подшипников.