

# Math-Net.Ru

Общероссийский математический портал

М. А. Ларичева, И. Л. Мостинский, Исследование конденсации паров гидроокиси калия из потока продуктов сгорания с присадкой, *ТВТ*, 1972, том 10, выпуск 3, 660–663

Использование Общероссийского математического портала Math-Net.Ru подразумевает, что вы прочитали и согласны с пользовательским соглашением

<http://www.mathnet.ru/rus/agreement>

Параметры загрузки:

IP: 44.210.149.218

9 ноября 2024 г., 20:56:23



## ИССЛЕДОВАНИЕ КОНДЕНСАЦИИ ПАРОВ ГИДРООКСИ КАЛИЯ ИЗ ПОТОКА ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ С ПРИСАДКОЙ

*М. А. Ларичева, И. Л. Мостинский*

Из теории [1] и эксперимента [2] известно, что ионизирующаяся присадка в газовом тракте МГДГ открытого цикла претерпевает ряд физико-химических превращений и в зоне высоких температур ( $T_{п.с} > 1400^\circ \text{K}$ ) находится главным образом в виде паров КОН. В этом случае образование отложений определяется процессом конденсации паров КОН на холодной поверхности. Жидкая гидроокись калия реагирует с  $\text{CO}_2$  и получаются твердые, коркообразные, оплавленные сверху отложения, которые приводят к изменению теплообменных, а часто и гидравлических характеристик оборудования. Поэтому изучение интенсивности их образования представляет практический интерес.

Было проведено экспериментальное исследование массообмена при конденсации паров КОН из потока продуктов сгорания природного газа с присадкой при поперечном и продольном обтекании труб газовым потоком ( $c_{п.кОН} = (1 \div 3) \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$ ).

Исследование конденсации КОН при поперечном обтекании цилиндрической поверхности проводилось на установке У-02 [3] в трубе ( $d_{вн} = 200 \text{ мм}$ ), установленной вместо канала МГДГ. Продукты сгорания с присадкой поступали сюда непосредственно из камеры сгорания. В трубу через сальниковое уплотнение и задвижку ( $d_y = 40 \text{ мм}$ ) нормально потоку вводились зонды, конструкция которых показана на рис. 1. Они сделаны по принципу трубы Фильда с водяным охлаждением. В опытах использовались зонды с наружным диаметром 20 и 30 мм. В рабочем участке зонда по четырем образующим под углом  $90^\circ$  были выфрезерованы капавки размером  $2 \times 2 \text{ мм}$ , в которые закладывались хромель-алюмелевые термопары, измеряющие температуру стенки трубы.

После выхода установки на заданный режим подавалась вода на охлаждение зонда, который вводился в поток газов на время от 2 до 10 мин. Записывались показания термопар, измеряющих температуру стенки. По истечении заданного времени зонд извлекался, образовавшиеся на его поверхности отложения смывались прокипяченным дистиллятом. Количество сконденсировавшегося вещества определялось методом объемного титрования.

Температура продуктов сгорания в местах установки зондов определялась двумя методами: сведением теплового баланса по длине трубы и методом обращения спектральных линий. Оба метода давали (в пределах  $\pm 5\% T_{п.с}$ ) согласующиеся результаты.

По заданным расходам продуктов сгорания определялись гидродинамические параметры течения.

Коэффициент массообмена находился из соотношения

$$\alpha_m = G_{\text{кОН}} / [F_3 \Delta T (C_{п.} - C_{ст.})], \quad (1)$$

где  $G_{\text{кОН}}$  — количество сконденсировавшегося КОН на зонде, кг;  $F_3$  — поверхность зонда,  $\text{м}^2$ ;  $\Delta T$  — время пребывания зонда в потоке, час;  $C_{п.}$ ,  $C_{ст.}$  — концентрация КОН в потоке и на стенке,  $\text{кг/м}^3$ .

Концентрация паров КОН в потоке  $C_{п.}$  определялась по количеству введенного калия с учетом осаждения его соединений на стенке, концентрация КОН у стенки  $C_{ст.}$  — по давлению насыщения при  $T = T_{ст.}$ . Во всем исследованном диапазоне параметров  $C_{ст.}$  была существенно меньше  $C_{п.}$ , а поэтому погрешность определения  $C_{ст.}$  практически не сказывалась на точности опытов.

Отложения по окружности трубы носили неравномерный характер: на лобовой стороне трубы их было больше, чем на кормовой, однако при определении коэффициента массообмена  $\alpha_m$  принималось среднее по поверхности значение массового потока КОН.

Исследования массообмена при конденсации паров  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CCl}_4$ , K, Cs из потока парогазовой смеси (см. работу Я. М. Визеля) \* показали, что при небольшом содержании конденсирующегося агента сохраняется аналогия между тепло- и массообменом. Это дало основание использовать при обработке опытных данных критериальную зависимость, аналогичную используемой при расчетах теплообмена [4]

$$\text{Nu}_D = 0,21 \text{ Re}^{0,62} \text{ Pr}_D^{0,38}, \quad (2)$$

где  $\text{Nu}_D$  и  $\text{Pr}_D$  — диффузионные числа Нуссельта и Прандтля.

Необходимый для проведения расчетов коэффициент диффузии паров КОН в продуктах сгорания при нормальных условиях  $D_0$  определялся согласно [5]. Зависимость коэффициента диффузии от температуры и давления бралась в виде [6]

$$D_{i,p} = D_0 (T/T_0)^{1,8} P_0/P. \quad (3)$$

\* Я. М. Визель. Канд. дис., М., 1969.

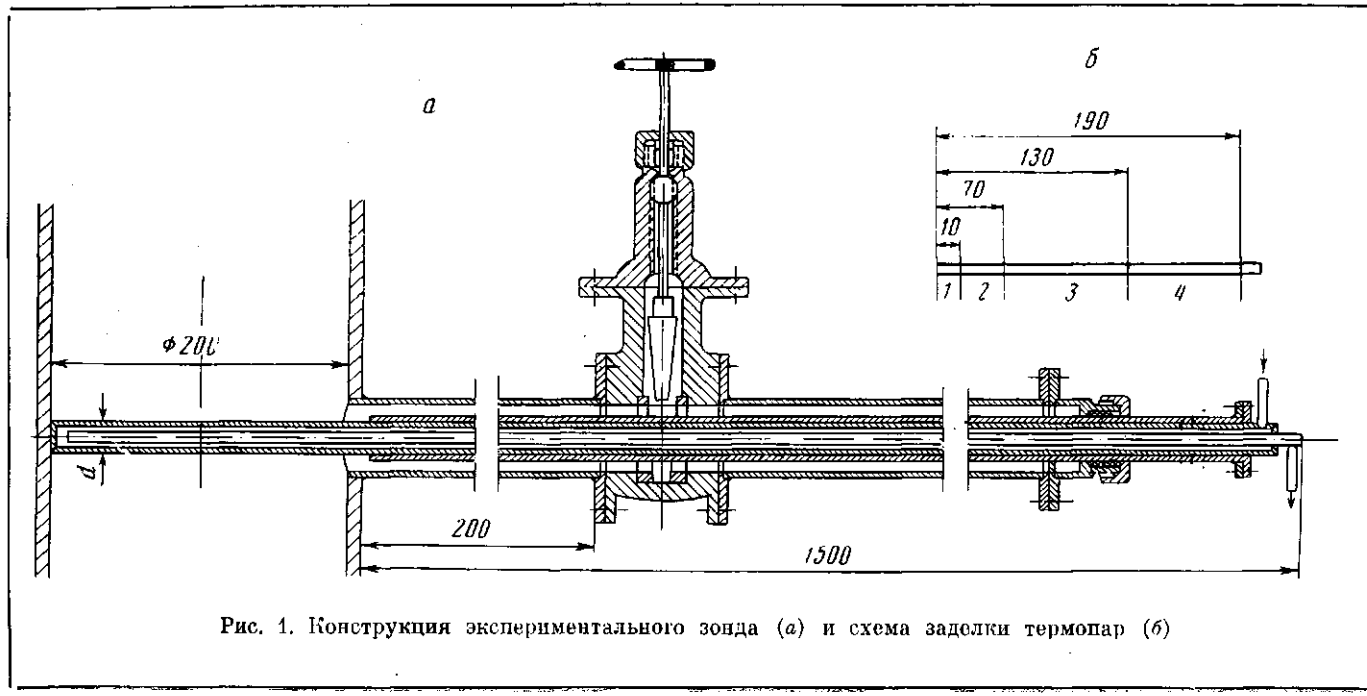


Рис. 1. Конструкция экспериментального зонда (а) и схема заделки термопар (б)

Поскольку аналогичным образом изменяется и коэффициент кинематической вязкости газа, то величина  $Pr_D$  в опытах оставалась практически постоянной  $Pr_D = 1,6 \div 1,8$ .

Из-за невозможности существенно менять расход продуктов сгорания, область изменения  $Re$  ограничилась узкими пределами (от 4 до 8)  $\cdot 10^3$ . Результаты обработки опытных данных приведены на рис. 2. Здесь же папесоны экспериментальные данные [7], полученные в аналогичных условиях, но при значительно меньших числах

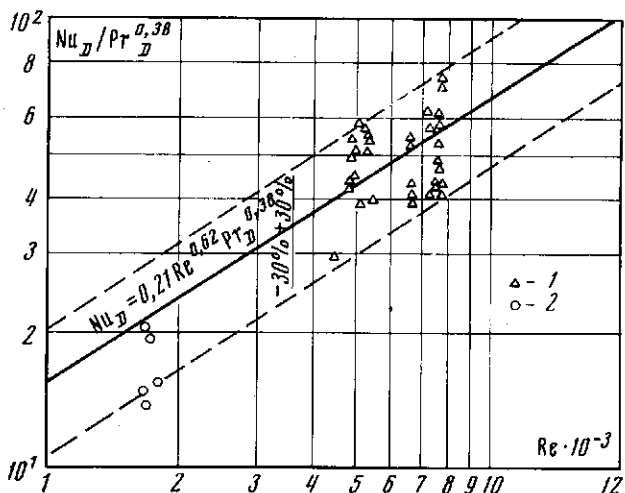


Рис. 2. Массообмен при конденсации паров КОН на поверхности трубы в условиях поперечного обтекания:

1 — данные авторов; 2 — данные [8]

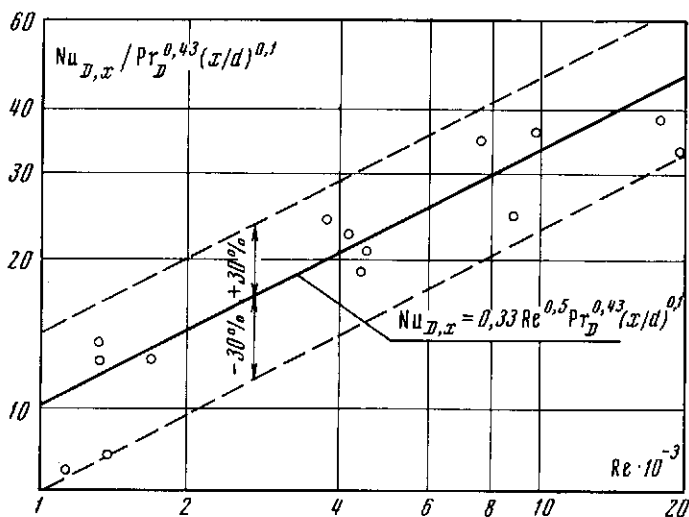


Рис. 3. Массообмен при конденсации паров КОН на поверхности трубы в условиях продольного обтекания

Re. Как видно из рисунка, основное количество точек группируется вблизи средней линии, отвечающей уравнению [2] с разбросом, не превышающим  $\pm 30\%$ . Такое совпадение эксперимента с расчетом следует признать достаточно хорошим, если учесть невысокую точность определения физических параметров при высоких температурах, и в первую очередь коэффициента диффузии.

Исследование конденсации КОН при продольном обтекании проводилось на экспериментальной установке, подробно описанной в [2]. Газы из камеры сгорания с температурой выше  $1700^\circ\text{K}$  поступали в вертикальный канал, являющийся продолжением камеры и выполненный из хромагнетитовой трубы ( $d_{\text{вн}} = 60$ ,  $H = 800$  мм).

В канале по его оси располагался экспериментальный участок с наружным диаметром 25 мм, аналогичный приведенному на рис. 1. Подача присадки в виде 25%-го спиртового раствора уксуснокислого калия обеспечивала полное сгорание этого вещества и быстрое достижение термодинамически равновесного состояния, при котором почти вся присадка находится в виде КОН.

После окончания опыта этот участок извлекался из установки, образовавшиеся отложения смывались по отдельности с каждой 100 мм длины трубы. Температура стенки экспериментального участка измерялась четырьмя платина-платинородиевыми термомпарами, а температура потока — тремя платинородий-платинородиевыми термомпарами. Измерение температуры стенок камеры сгорания с помощью прибора ОПИР-017 позволяло вносить поправку на излучение.

Конденсация КОН имела место лишь на начальном участке трубы, где температура потока была выше 1400° К, так как при дальнейшем снижении температуры потока происходит соединение КОН с СО<sub>2</sub>, содержащемся в продуктах сгорания, с образованием К<sub>2</sub>СО<sub>3</sub> и выпадением его в виде субмикронных частиц. Для обработки результатов эксперимента в безразмерном виде использовалась эмпирическая формула для локальных коэффициентов теплоотдачи при ламинарном режиме течения [8]

$$Nu_{l,x} = 0,33 Re^{0,5} Pr_{ж}^{0,43} \left( \frac{Pr_{ж,x}}{Pr_{ст,x}} \right)^{0,25} \left( \frac{x}{d} \right)^{0,1}, \quad (4)$$

и принималась аналогия между тепло- и массообменом. Результаты этой обработки представлены на рис. 3.

Как видно из графика, экспериментальные точки лежат вблизи расчетной прямой. Совпадение ( $\pm 30\%$ ) следует признать вполне удовлетворительным.

Полученные в опытах данные показали, что в условиях опытов, характерных для зоны конденсации паров КОН в газовом тракте МГДГ, когда концентрация присадки в продуктах сгорания невелика, удовлетворительно сохраняется аналогия между тепло- и массообменом как при поперечном, так и при продольном обтекании труб.

Институт высоких температур  
Академии наук СССР

Поступило в редакцию  
3 XI 1971

#### ЛИТЕРАТУРА

1. В. С. Юнгман, И. В. Гурвич, Н. П. Ртищева. Теплофизика высоких температур, 4, № 4, 1966.
2. М. А. Стырикович, И. И. Мостисский, М. А. Ларичева. Теплофизика высоких температур, 7, № 6, 1969.
3. В. А. Кириллин, А. Е. Шейндлин. Сб. Магнетогидродинамический метод получения электроэнергии (под ред. В. А. Кириллина и А. Е. Шейндлина). «Энергия», 1968.
4. М. А. Михеев. Основы теплопередачи. Госэнергоиздат, 1956.
5. С. Бретшнайдер. Свойства газов и жидкостей. «Химия», 1966.
6. С. Чепмен, Т. Каулинг. Математическая теория неоднородных газов. Изд. иностр. лит., 1960.
7. К. М. Арефьев, В. М. Боршанский, Т. В. Заблоская, Н. И. Иващенко, И. И. Пясов, Л. А. Сулова, Б. М. Хомченков. Сб. Тепло- и массоперенос, 2, «Наука и техника», Минск, 1968.
8. М а т у с - д з е. Сб. Теплопередача. Изд. АН СССР, 1962.

УДК 536.3

### О СВЯЗИ МЕЖДУ СТЕПЕНЬЮ ЧЕРНОТЫ ПОЛНОГО НОРМАЛЬНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ И ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЕМ В ОКИСЛЯХ

Г. А. Жоров

Оксидные кристаллы при низких температурах обладают весьма высокой излучательной способностью и огромным электросопротивлением, которые с ростом температуры уменьшаются. В работе [1] показано, что температурные зависимости степени черноты полного нормального излучения компактных окислов и окисных пленок на металлах можно описать следующими уравнениями:

$$\epsilon_n = A - BT, \quad (1)$$