

## РЕЗУЛЬТАТЫ ОПЫТОВ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ТЕПЛООБМЕНА И АЭРОДИНАМИКИ В ПУЧКАХ ТРУБ ВОЗДУХОПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ И ИХ АНАЛИЗ

**Курбанов Х.К., Гурбанова М.Х., Курраев С.К., Ходжаев Д.Н.**  
(ТГАСИ, ТГИТ и С, ТГЭИ, ТГЭИ, г. Ашхабад, г. Мары, Туркменистан)  
Тел./Факс: +993(362) 411801; E-mail: hojatpi@mail.ru

**Abstract:** Results of searching for optimum state of working burners of the type RTS-700 energy boiler installation are stated in article under the provision of econom. The optimum mode with increasing of the economy boiler is checked in service conditions. As a result of the check is not noted deteriorations reliability of the work boiler.

Опыты по исследованию аэродинамического сопротивления пучков стеклянных труб диаметром 45x4 мм, выполненных с шагами, наиболее распространенными в современных конструкциях СВП ( $S_1/d=2,45$ ;  $\frac{S_2}{d} = 1,5$ ), показали, что для всего исследованного диапазона изменения чисел  $Re=(20...130) \cdot 10$  при поперечном омывании трубного пучка коэффициенты сопротивления могут рассчитываться по известным формулам нормативного метода:

а) коридорный пучок

$$S_1 > S_2; (1 < \Psi \leq 6)$$

$$S = 0,32 \cdot (S_1/d - \xi) \cdot (\Psi - \xi) \cdot Re^{\frac{0,2}{\Psi^2} \cdot Z_2};$$

где:

$$\Psi = (S_1 - d) / (S_2 - d)$$

б) шахматный

$$\frac{S_1}{d} \geq 2$$

$$\xi = C_s \cdot Re^{-0,27} \cdot (Z_2 + 1)$$

здесь  $Z_2$  – число рядов труб в пучке.

Полученные значения необходимо при расчете пучков из стеклянных труб умножить на коэффициент 0,6...0,7.

Конструкция трубного пучка воздухоподогревателя со стеклянными трубами (СВП) имеет особенности, одной из которых является необходимость такого расположения стеклянной трубы в трубной доске, чтобы небольшой торцевой ее участок выступает за наружную плоскость трубной доски. Это продиктовано условием проведения монтажных работ при установке труб, точностью изготовления каркаса секций СВП по нормальным строительным допускам, конструкцией уплотнения в трубных досках стеклянных труб с гладкими концами.

В зависимости от качества монтажа длина выступающего концевого участка трубы в существующих находящихся в эксплуатации СВП находится в пределах от 0,010 м до 0,150 м.

Полученные экспериментальным путем в результате испытаний промышленных установок СВП аэродинамические сопротивления чистого по воздушной стороне пучка труб значительно отличаются от величин, полученных в результате расчета по нормативным данным.

В нормативной литературе [1,2] для расчета коэффициента местного сопротивления при входе в канал по внутренней стороне пучка труб в зависимости от отношения площади живого сечения пучка труб  $F_m$  и общей площади трубной доски  $F_g$  рекомендуется формула:

$$\xi = 0,5 \cdot \left(1 - \frac{F_m}{F_g}\right)^{0,75} + \left(1 - \frac{F_m}{F_g}\right)^2$$

В этой литературе [1,2] дискретные значения коэффициента местного сопротивления при входе в канал с прямыми выступающими кромками, величина которого определяется в основном длиной выступа и соотношениям с ним толщины стенки кромки. На основании этих рекомендаций достаточно точное определение коэффициента местного сопротивления затруднено, так как в одном случае не учитывается наличие выступа, а в другом – отношение  $F_m/F_g$ .

При обработке опытных данных нужно было выделить отдельно коэффициент местного сопротивления входа-выхода для пучка с трубами и коэффициентами сопротивления трения  $\bar{\zeta}_{тр}$ . В результате обработке опытных данных рассчитывали сначала выражения

$$\bar{\zeta}_{оп} = \zeta_{тр} + \zeta_m$$

Здесь

$$\bar{\zeta}_{оп} = \sum_i^n \Delta h_{ст} \cdot i / \Delta h_{дин}$$

В данном выражении  $\Delta h_{ст} \cdot i$  - перепад статических давлений на отдельных участках (вход-выход трубы);  $\Delta h_{дин} \cdot i$  - динамический напор на отдельных участках. Коэффициент сопротивления трения в пучке стеклянных труб при внутреннем обтекании воздухом рассчитывался по формуле:

$$\zeta_{тр} = 0,335 \cdot \left(\frac{K}{d_{вн}}\right)^{0,17} \cdot Re^{-0,14} \cdot L/d_{вн}$$

где:  $K=0,000005$  м – среднее значение абсолютной шероховатости стеклянных труб,  $L$  и  $d_{вн}$  - соответственно длина и внутренний диаметр стеклянной трубы.

Полученные опытные значения  $\bar{\zeta}_{оп}$  сравнивались с расчетными  $\zeta_{расч}$  и показали достаточно хорошую сходимость. Значения опытных и расчетных коэффициентов сопротивления отличались менее, чем на 3%

При обработке опытных данных по аэродинамике пучков стеклянных труб с различной длиной выступающего участка ( $\delta=10...150$ мм) коэффициент местного сопротивления рассчитывался по формуле:

$$\Delta \xi_{\text{н}} = -(\xi_{\text{гр}} + \xi_{\text{лм}})$$

Здесь  $\xi_{\text{н}}$  – коэффициент местного сопротивления на входе – выходе при  $\delta=0$ .

На основании обработки и анализа экспериментальных данных была построена зависимость относительного увеличения сопротивления пучка труб от величины выступающего за трубную доску входного участка  $\Delta P_{\delta} / \Delta P_0 = f(\delta)$ . Материалы этих исследований изложены автором в [1,2] построенная зависимость получена для области изменения чисел Рейнольдса от 30 до 100 тысяч.

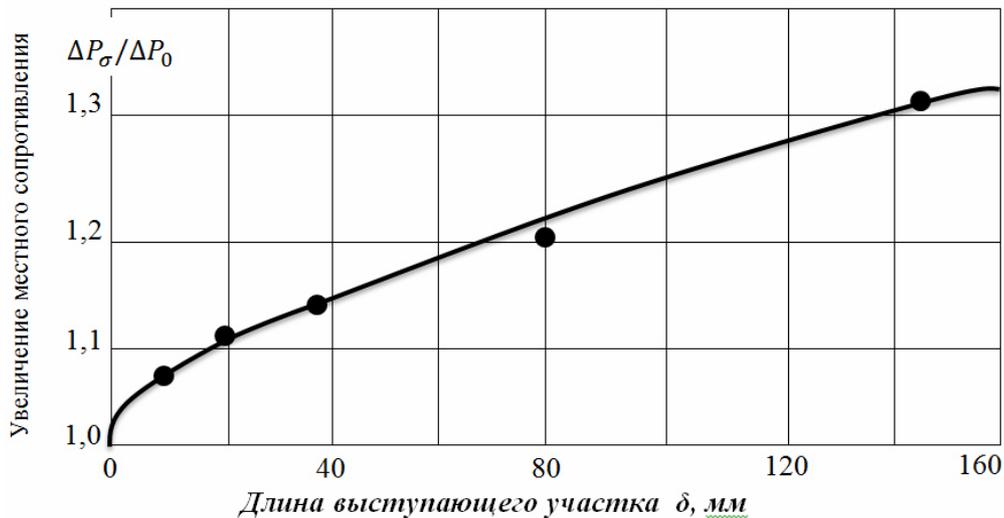


Рис. 1. Увеличение местного сопротивления пучка труб при продольном обтекании в зависимости от величины выступающего участка

Результаты исследований теплообмена и аэродинамики при использовании турбулизаторов в различных местах пучка труб дали следующие результаты.

Было проведено 16 серий опытов. Перекрытие сечения (установка турбулизатора) до пучка обозначалось  $A$ , в центре пучка  $B$  за пучком  $B$ . При этом

степень перекрытия  $\frac{F_{\text{пер.}}}{F_{\text{газохода}}}$  для сопоставимости выбиралась одинаковой 0; 0,1; 0,3 и 0,5. (Например, в опыте  $\Phi=0,3$ ;  $B=0,1$ ;  $B=0$  соответствует одновременному

перекрытию перед пучком  $\frac{F_{\text{пер.}}}{F_{\text{газ}}} = 0,3$  в центре газохода  $\frac{F_{\text{пер.}}}{F_{\text{газ}}} = 0,1, \frac{F_{\text{пер.}}}{F_{\text{газ}}} = 0$ , и отсутствию перегородки за пучком).

**Список литературы:** 1. Курбанов Х.К. Разработка, внедрение и исследование новых конвективных поверхностей нагрева и повышение эффективности существующих. Докторская диссертация по специальности 05.14.04 «промышленная теплоэнергетика» Ашхабад-1995 г. 2. Аэродинамический расчет котельных установок (нормативный метод) Л. Энергия 1972 год.