

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА И ГИДРАВЛИЧЕСКИХ
СОПРОТИВЛЕНИЙ В ТЕПЛООБМЕННИКЕ ТИПА
«ТРУБА В ТРУБЕ»**

И. П. ЧАЩИН, Б. И. ЛИТВИНОВ

(Представлена научным семинаром кафедр ПМАХП и ОХТ)

В различных областях промышленности большое место занимают процессы теплообмена. В химической промышленности доля теплообменной аппаратуры в общем объеме химического оборудования составляет 15÷18%. В химической технологии в настоящее время в основном используются трубчатые теплообменники с гладкими трубами (свыше 80% всего выпуска теплообменной аппаратуры) и до 70% теплообменников работает в средах пар — газ и жидкость — жидкость при давлении до 10 кг/см² и температуре не более 200°С.

Это является предпосылкой для более детального исследования теплообмена и гидравлических сопротивлений в вышеуказанных конструкциях теплообменников.

В настоящее время в периодической литературе систематически появляются работы, посвященные изучению теплообмена и гидравлических сопротивлений на начальном и стабилизированном участках теплообмена при ламинарном режиме нагреваемой или охлаждаемой среды [2, 4]. Интерес к такого рода исследованиям вызван тем, что в теплообменных устройствах, работающих при различных температурах, начальный участок может составлять значительную, и во многих случаях наиболее эффективную, поверхность теплообмена.

При конвективном теплообмене между потоками через разделяющую стенку мерой интенсивности теплопередачи является коэффициент теплопередачи

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta}{\lambda}} \quad (1)$$

Для случая передачи тепла от насыщенного водяного пара через металлическую стенку к газу, учитывая высокие значения коэффициентов теплоотдачи конденсирующего пара к стенке α_1 и проводимости тепла стенки $\frac{\lambda}{\delta}$, коэффициент теплопередачи будет определяться значениями коэффициента теплоотдачи от стенки к газу α_2 .

Для проведения исследований по теплообмену и гидравлическим сопротивлениям на начальном и стабилизированном участках аппарата нами был изготовлен теплообменник типа «труба в трубе».

Основные параметры установки приведены в табл. 1.

Эквивалентный диаметр кольцевого пространства равен $d_э = 9 \cdot 10^{-3}$ м. Атмосферный воздух засасывался компрессором в кольцевое пространство теплообменника. Насыщенный водяной пар получался в котле, нагреваемом с помощью электронагревателей. Пар с тем-

Таблица 1

Основные параметры теплообменника

| | По измерениям теплообмена | $L/d_э$ | По измерениям гидравлических сопротивлений |
|------------------------------------|---------------------------|---------|--|
| Первый — начальный участок | 0,9 м | 100 | 0,9 м |
| Второй — стабилизированный участок | 1,1 м | 122 | 1,1 м |

Вся длина трубы 2 м

пературой 100°C подавался во внутреннюю трубу теплообменника. Конденсат собирался в мерник. Расход пара замерялся объемным методом. Температура потока и стенки внутренней трубы замерялись в 3-х точках по высоте канала с точностью до $0,5^\circ\text{C}$ с помощью хромель-копелевых термопар, подключенных через переключатель к зеркальному милливольтметру. Падение давления при движении потока в кольцевом канале измерялось U-образным манометром с точностью до 1 кг/м^2 . Расход воздуха измерялся по поплавковому расходомеру (ротаметру) с точностью до $0,00028 \text{ м}^3/\text{сек}$.

Опыты проводились при ламинарном характере движения потока в пределах изменения критерия $Re = (1,5 \div 3,7) \cdot 10^3$. Результаты опытов по исследованию теплообмена и гидравлических сопротивлений на входном и «чистом» участках трубы показаны на рис. 1. Линии 1 на рис. 1 построены по общепринятым зависимостям: $Nu = f(Re)$ и $Eu = f(Re)$ [3] в указанных выше пределах изменения критерия Re .

Из графиков (рис. 1) видно, что опытные данные по теплообмену и гидравлическому сопротивлению на чистом участке трубы хорошо согласуются с теоретическими.

На входном участке трубы опытные данные по теплообмену и гидравлическим сопротивлениям лежат несколько выше теоретических (рис. 1, линия 2).

Это отклонение объясняется условиями входа потока в аппарат, где за счет дополнительной турбулизации потока получены несколько завышенные данные по теплообмену и гидравлическим сопротивлениям.

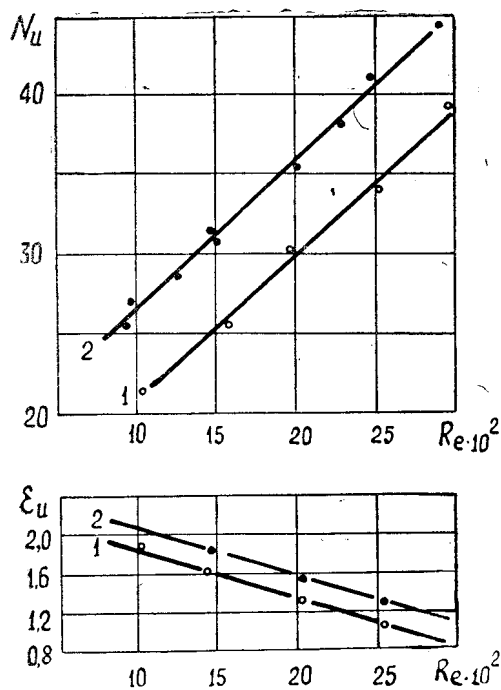


Рис. 1. Теплообмен и гидравлические сопротивления на входном и «чистом» участках трубы

Учитывая, что в промышленных теплообменных устройствах начальный участок может составлять значительную часть поверхности теплообмена, полученные экспериментальные данные представляют определенный теоретический и практический интерес.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. Г. Касаткин. Основные процессы и аппараты химической технологии. Госхимиздат, М., 1960.
 2. М. А. Михеев. Основы теплопередачи. Госэнергоиздат. Л., 1956.
 3. П. Г. Романков, К. Ф. Павлов, А. А. Носков. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. «Химия», М., 1960.
 4. Б. С. Петухов, Л. И. Ройзен. Теплообмен в трубах и кольцевых сечениях. ИФЖ, т. 6, 3, стр. 40.
-