

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого  
Президента России Б.Н.Ельцина»  
Химико-технологический институт  
Кафедра Машины и аппараты химических производств

Отчёт по лабораторной работе № 1  
Тема: «Теплопередача»

Студент  
А.В.  
гр. Х-300005

Камышев

Преподаватель

Ермаков С.А.

Екатеринбург

**Цель работы:** изучение конструкций и принципа работы пластинчатого теплообменного аппарата и типа «труба в трубе»»

### **Задачи работы**

1. Закрепление сведений о физической сущности переноса тепла от горячего теплоносителя к холодному и анализ факторов, влияющих на оптимизацию этого процесса.
2. Определение коэффициентов теплоотдачи в рекуперативных теплообменниках при прямоточной и противоточной схемах движения теплоносителя.
3. Экспериментальное исследование работы теплообменных аппаратов типа «труба в трубе» и пластинчатого с определением их тепловой нагрузки.
4. Исследование влияния теплофизических свойств охлаждающей среды на процессы теплообмена.

### **Теоретическая часть**

Теплообменными аппаратами (теплообменниками) называются устройства, предназначенные для передачи тепла от одного теплоносителя к другому. По принципу действия теплообменные аппараты подразделяются на три вида: рекуперативные, регенеративные и смешительные.

В теплообменных аппаратах рекуперативного типа тепло передается от горячего теплоносителя к холодному через разделяющую их стенку, которая называется поверхностью теплообмена.

Основной характеристикой теплообменного аппарата является его тепловая нагрузка  $Q$ , Дж/с, которая показывает возможное количество тепла передаваемого в единицу времени и зависит от теплофизических свойств теплоносителей (вязкость, теплопроводность, плотность, теплоемкость),

режима их движения. Важное влияние на величину тепловой нагрузки оказывают конструктивных особенностей аппарата (размеры, материал, состояние поверхности нагрева) и средняя по поверхности разность температур между греющей и нагреваемой средой.

При расчете теплообменных аппаратов изменение температур теплоносителей при их движении по теплообменнику учитывается введением в расчетную формулу среднего температурного напора  $\Delta t_{cp}$ . Влияние остальных факторов учитывается коэффициентом теплопередачи  $K$ , который по физическому смыслу представляет собой количество тепла, передаваемого в единицу времени через единицу поверхности при разности температур между теплоносителями в один градус.

Формула для расчета количества тепла, передаваемого в теплообменном аппарате имеет вид:

$$Q = k \cdot F \cdot \Delta t_{cp}$$

Однако на практике расчет теплообменного аппарата, как правило, сводится к определению теплопередающей поверхности аппарата  $F$  в зависимости от возможной тепловой нагрузки

$$F = Q / K \Delta t_{cp}$$

Тепловую нагрузку в этом случае определяют из теплового баланса аппарата без учета потерь

$$Q = M_1 \cdot c_{p1} (T_{1н} - T_{1к}) = M_2 \cdot c_{p2} (T_{1кк} - T_{2н}),$$

где  $M_1$  и  $M_2$  - соответственно массовый расход греющей (горячей) и нагреваемой (холодной) среды, кг/с;

$c_{p1}$  и  $c_{p2}$  - соответственно теплоемкость греющей и нагреваемой среды, кДж/(кг К);

Значение среднего температурного напора  $\Delta t_{cp}$  зависит от начальных  $T_{1н}$ ,  $T_{2н}$  и конечных  $T_{1к}$ ,  $T_{2к}$  температур сред в теплообменном аппарате, а также от

схемы его подсоединения. Если греющая и нагреваемая среда движутся в каналах аппарата в одном направлении, то такая схема движения называется прямоток, если в противоположных противоток.

Площадь передающей поверхности теплообменного аппарата “труба в трубе”

диаметр внутренней трубы  $d = 12$  мм;

количество трубок  $n = 1$  шт;

длина внутренних труб  $l = 280$  мм;

диаметр наружной трубы  $D = 50$  мм.

$$F_T = \pi d l = 3.14 \cdot 0.012 \cdot 0.28 = 0.01 \text{ м}^2$$

Площадь передающей поверхности пластинчатого теплообменника

$$F_{\Pi} = 0,12 \text{ м}^2$$

## Результаты измерений и вычислений при испытаниях теплообменного аппарата “труба в трубе”

Значения измеренных и вычисляемых параметров												
№	t <sub>1н</sub>	t <sub>1к</sub>	t <sub>2к</sub>	t <sub>2н</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Δt <sub>б</sub>	Δt <sub>м</sub>	Δt <sub>ср</sub>	K
№	С	С	С	С	Кг/с	Кг/с	Вт	Вт	С	С	С	Вт/
п/п												(м <sup>2</sup> *К)
Прямоток												
1	68	68, 4	48, 6	59, 5	1,81 * 10 <sup>-2</sup>	3,94 * 10 <sup>-2</sup>	-30,2	1803, 3	8,5	19, 8	5,6 5	3191,6
2	66, 5	66, 8	48, 1	57, 7	1,81 * 10 <sup>-2</sup>	5,42 * 10 <sup>-2</sup>	-22,7	2187, 4	8,8	18, 7	4,9 5	44189,9
3	69, 5	69, 3	52, 3	60, 9	1,81 * 10 <sup>-2</sup>	6,60 * 10 <sup>-2</sup>	15,1	2386, 2	8,6	17	4,2	56814,3
Противоток												
1	70	68, 1	46, 1	52, 4	1,91 * 10 <sup>-2</sup>	4,15 * 10 <sup>-2</sup>	143, 7	1097, 8	23, 9	15, 7	4,1	26775,6
2	67, 4	66, 1	50	51, 5	9,88 * 10 <sup>-3</sup>	5,63 * 10 <sup>-2</sup>	98,4	283,7	17, 4	14, 9	1,2 5	22696
3	67, 2	67	46, 6	49, 5	1,91 * 10 <sup>-2</sup>	6,72 * 10 <sup>-2</sup>	15,1	818,3	20, 6	17, 5	1,5 5	52793,5

## Результаты измерений и вычислений при испытаниях пластинчатого теплообменного аппарата

Значения измеренных и вычисляемых параметров												
№№ п/п	t <sub>1н</sub>	t <sub>1к</sub>	t <sub>2к</sub>	t <sub>2н</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Δt <sub>б</sub>	Δt <sub>м</sub>	Δt <sub>ср</sub>	K
	С	С	С	С	Кг/с	Кг/с	Вт	Вт	С	С	С	Вт/ (м <sup>2</sup> *К)
<b>Прямоток</b>												
1	68	68,4	48,6	59,5	1,8* 10 <sup>-2</sup>	3,93* 10 <sup>-2</sup>	53,1	313,9	7	8,2	0,6	4359,7
2	66,5	66,8	48,1	57,7	1,8* 10 <sup>-2</sup>	5,41* 10 <sup>-2</sup>	37,8	818,8	5,5	8,6	1,55	4402,1
3	69,5	69,3	52,3	60,9	1,8* 10 <sup>-2</sup>	6,59* 10 <sup>-2</sup>	98,4	664,9	8	7,1	0,45	12312,9
<b>Противоток</b>												
1	70	68,1	46,1	52,4	1,95* 10 <sup>-2</sup>	4,17* 10 <sup>-2</sup>	1669,6	2241, 3	22	12, 7	4,65	4022
2	67,4	66,1	50	51,5	1,91* 10 <sup>-2</sup>	5,63* 10 <sup>-2</sup>	1263, 8	449,2	18, 1	1,8	7,1	527,2
3	67,2	67	46,6	49,5	1,93* 10 <sup>-2</sup>	4,06* 10 <sup>-2</sup>	680,4	238,7	20, 4	12, 8	3,8	523,5

## Примеры расчетов:

Массовый расход

$$M_1 = V_1 \rho_1 = 1.1 / (1000 * 60) * 985.6 = 1.81 * 10^{-2}$$

$$M_2 = V_2 \rho_2 = 4 * 10^{-5} * 985.6 = 3.94 * 10^{-2}$$

Значения большего и меньшего температурных напоров:

$$\text{Для прямотока } \Delta t_6 = t_{1Н} - t_{2Н} = 68 - 59.5 = 8.5$$

$$\text{Для противотока } \Delta t_6 = t_{1Н} - t_{2К} = 70 - 46.1 = 23.9$$

Теплопередача

$$Q_1 = M_1 c_{p1} (t_{1Н} - t_{2Н}) = 1.81 * 10^{-2} * 4182 (68 - 68.4) = -30.2$$

$$Q_2 = M_2 c_{p2} (t_{2К} - t_{2Н}) = 3.94 * 10^{-2} * (48.6 - 59.5) = 1803.3$$

$$K = Q / F \Delta t_{cp} = 1803.3 / 0.01 * 5.65 = 31916.8$$

Вывод:

Изучили принцип работы пластинчатого теплообменного аппарата и типа “труба в трубе”. Определили коэффициент теплоотдачи в рекуперативных теплообменниках при прямоточной и противоточной схемах движения теплоносителя.