

# **Алгоритм расчёта теплообменного аппарата**

Алгоритм — набор инструкций, описывающих порядок действий исполнителя для достижения некоторого результата. Само слово «алгоритм» происходит от имени арабского учёного аль-Хорезми.

1. На первое место можно поставить пункт  
**«Анализ имеющейся информации.**

**Известные и неизвестные величины».** Тут  
нужно разобраться, какой процесс будет  
нужно будет реализовывать. Как ни странно,  
студенты иногда не могут дать  
вразумительный ответ на этот вопрос.

Далее, в этом же пункте считаем число известных и неизвестных параметров процесса. Должны быть известны шесть величин: два расхода  $G_1$ ,  $G_2$  и четыре температуры  $t_{1н}, t_{1к}, t_{2н}, t_{2к}$ .

Если что-то неизвестно, сразу нужно решить — эти неизвестные величины вычислим или примем?

2. Находим (или принимаем) неизвестные параметры процесса. Порой это бывает довольно хлопотно.

3. Рассчитываем среднюю разность температур  $\Delta t_{\text{ср}}$ .

4. Для дальнейших расчётов нам потребуются теплофизические свойства веществ, участвующих в процессе.

Но все свойства зависят от температуры. Для каких температур будем эти свойства искать?

**Существует правило: для потока, который изменяет температуру на меньшее число градусов, средняя температура находится как среднее арифметическое.**

Например, горячий поток изменяет температуру от 150 до 50 °С, а холодный – от 20 до 40 °С. Так как холодный поток нагревается на 20°, а горячий охлаждается на 100°, то для холодного потока находим среднее арифметическое значение температуры

$$t_{2\text{ср}} = \frac{t_{2\text{н}} + t_{2\text{к}}}{2} = \frac{20 + 40}{2} = 30^{\circ}\text{C}$$

Вот для этой температуры и будем искать свойства вещества холодного потока.

А среднюю температуру горячего потока найдём из соотношения

$$\Delta t_{\text{ср}} = t_{1\text{ср}} - t_{2\text{ср}}.$$

Отсюда

$$t_{1\text{ср}} = \Delta t_{\text{ср}} + t_{2\text{ср}}$$



Значение средней разности температур была найдена в п. 3.

5. Формируем банк теплофизических свойств веществ. Должна получиться примерно такая таблица

Свойство	Горячая вода	Нагреваемое сырьё
Средняя температура, °С	110	70
Плотность, $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	951	822
Вязкость, $\mu$ , Па×с	0,000256	0,00035
Теплоёмкость, $c$ , Дж/(кг×К)	4230	1958
Теплопроводность, $\lambda$ , Вт/(м×К)	0,685	0,129
Критерий Прандтля, $Pr$	1,58	5,31

Если в процессе теплопередачи участвует смесь веществ, то появляется самостоятельная задача – рассчитать свойства этой смеси:

$$\lg \mu_{\text{см}} = x_1 \lg \mu_1 + x_2 \lg \mu_2;$$

$$\rho_{\text{см}} = \frac{1}{\frac{\bar{x}_1}{\rho_1} + \frac{\bar{x}_2}{\rho_2}};$$

$$\lambda_{\text{см}} = \bar{x}_1 \lambda_1 + \bar{x}_2 \lambda_2;$$

$$c_{\text{см}} = \bar{x}_1 c_1 + \bar{x}_2 c_2;$$

$$r_{\text{см}} = \bar{x}_1 r_1 + \bar{x}_2 r_2$$

6. Составляем уравнение теплового баланса и вычисляем тепловую нагрузку на аппарат  $Q$ .

7. На основе опыта эксплуатации теплообменников принимаем рекомендованный ориентировочный коэффициент теплопередачи  $K_{op}$ . Это как-бы наше обязательство.

# Ориентировочные значения коэффициента теплопередачи $K, \frac{Вт}{м^2К}$

Вид передачи теплоты	Коэффициент теплопередачи
От газа к газу (при невысоких давлениях)	10 – 40
От жидкости к газу (газовые холодильники)	10 – 60
От конденсирующегося пара к газу (воздухонагреватели)	10 – 60
От жидкости к жидкости (вода)	800 – 1700
От жидкости к жидкости (углеводороды)	120 – 270
От конденсирующегося пара к воде (конденсаторы, подогреватели)	800 – 3500
От конденсирующегося пара к органическим жидкостям (подогреватели)	120 – 340
От конденсирующегося пара органических веществ к воде (конденсаторы)	300 – 800

8. Вычисляем ориентировочное значение требуемой площади поверхности теплопередачи  $F_{\text{ор}}$

$$F_{\text{ор}} = \frac{Q}{K_{\text{ор}} \Delta t_{\text{ср}}}$$

9. По ГОСТу выбираем аппарат, который вроде должен нам подойти. Выписываем все его характеристики: площадь поверхности теплопередачи  $F$ , число труб  $n$ , число ходов  $z$ , площадь сечения трубного и межтрубного пространств.

# Параметры выбранного аппарата

(примерно так)

Параметр аппарата	Единица измерения	Величина
Поверхность теплопередачи, $F_T$	$m^2$	31
Диаметр кожуха внутренний $D$	мм	400
Общее число труб $n_{об}$	шт.	100
Длина труб $L$	м	4,0
Площадь трубного пространства $S_{тр}$	$m^2$	0,017
Площадь межтрубного пространства $S_{мтр}$	$m^2$	0,02
Число ходов, $z$	шт.	2

10. Теперь начинается **поверочный расчёт** аппарата. Его цель – **проверить**, справится ли выбранный аппарат с поставленной задачей.

Дальнейший расчёт зависит от конкретного случая теплопередачи. Все возможные варианты приведены в учебнике В.В. Филиппова

«Теплообмен в химической технологии»

<http://thermalinfo.ru/> или <http://filippov.samgtu.ru>