

# **Электродный нагрев**

# Принцип нагрева

Применяют для проводников второго рода (различные жидкости).

Сущность нагрева состоит в том, что вещество помещают между электродами и нагревают электрическим током, протекающим по материалу от электрода к электроду. Электроды выполняют функцию подвода тока к среде и сами не нагреваются.

Основными носителями тока в электролитах являются ионы, которые получаются в результате распада растворенных солей, щелочей, кислот. При пропускании через такую жидкость электрического тока ионы начнут движение к соответствующим электродам, образуя при этом ток ионной проводимости. По мере своего движения к электродам положительно и отрицательно заряженные ионы запасают электрическую энергию. При соударении с атомами и молекулами передают им избыток энергии, которая переходит в тепло. Так происходит нагрев электролита. Степень нагрева электролита в межэлектродном промежутке определяется мощностью интервала, межэлектродным расстоянием, площадью электрода.

Основными носителями тока в электролитах являются **ионы**, которые получаются в результате распада растворенных солей, щелочей, кислот.

При пропускании через такую жидкость электрического тока ионы начнут движение к соответствующим электродам, образуя при этом ток ионной проводимости.

По мере своего движения к электродам положительно и отрицательно заряженные ионы запасают электрическую энергию. При соударении с атомами и молекулами передают им избыток энергии, которая переходит в тепло. Так происходит нагрев электролита. Степень нагрева электролита в межэлектродном промежутке определяется мощностью интервала, межэлектродным расстоянием, площадью электрода.

# Плотность тока на электродах

Процесс нагрева жидкости сопровождается сложными электрохимическими реакциями, проходящими на электродах. Результатами этих реакций является образование вредных веществ, разложение воды на водород и кислород, которые смешиваясь образуют взрывоопасный газ. Избежать этих процессов можно выполнив правильный выбор материалов электрода и недопущением превышения допустимой величины плотности тока на электродах. Для изготовления электродов самыми лучшими считаются нержавеющая сталь, титан.

Плотность тока на электродах определяется максимальным током и площадью электрода:

$$j=I/s$$

При использовании обычной стали допустимое значение плотности тока для плоских электродов составит  $0.5 \text{ A/cm}^2$ , а для цилиндрических  $2 \text{ A/cm}^2$ .

# Электродный нагреватель

Электродный нагреватель представляет собой систему электродов, предназначенных для подвода электрического тока к нагреваемому материалу. К основным параметрам нагревателей относятся: число фаз, количество электродов, электрическая схема соединения, форма, размеры и материал электродов, расстояние между электродами.

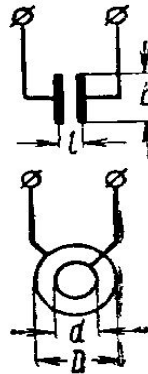
# Расчет электродного нагревателя

Исходными данными для расчета являются:

- Производительность установки  $Q$ , м<sup>3</sup>/ч
- Диапазон температур нагреваемой жидкости
- Удельное сопротивление жидкости
- Параметры питающей сети ( $U, f$ )

# 1. Выбор типа электродной системы

В котлах малой мощности (до 1 кВт) используется однофазная система электродов, основными параметрами которой являются  $b$ -ширина электродов;  $l$ -длина межэлектродного промежутка;  $d$ -внутренний диаметр корпуса нагревателя, мм;  $D$ -внешний корпус нагревателя, мм



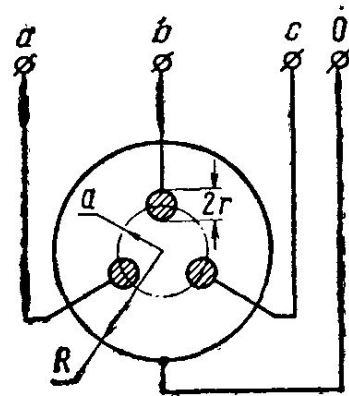
Для расчета параметров электродной системы необходимо вычисление геометрического коэффициента электродного нагревателя  $K$ .

$$K=l/b$$

$$K = \frac{1}{2\pi} \ln \frac{D}{d}$$



В котлах большой мощности используется трехфазная система электродов, для такой системы со стержневыми электродами радиусом  $r$ , расположенными в корпусе с диаметром  $D=2K$  в вершинах равностороннего треугольника на расстоянии  $a$  от оси цилиндра



$$K = \frac{1}{2\pi} \ln \frac{3a^2 (R^2 - a^2)^3}{r^2 (R^6 - a^6)}$$

## 2. Определение размеров электродов и расстояния между ними

Для любой температуры  $t$  мощность определяется как:

$$P_t = \frac{U^2 \cdot h \cdot (20 + t)}{40 \cdot \rho_{20} \cdot K}$$

$U$ -напряжение питающей сети,  $h$ - высота электродов,  $\rho_{20}$  – удельное сопротивление жидкости при температуре 20°C

Средняя мощность за время нагрева и отношение мощностей:

$$P_{cp} = \frac{Gc(t_2 - t_1)}{t\zeta_T}$$

$G$ - заданная производительность (м<sup>3</sup>/ч)

Время нагрева  $\tau$  от температуры  $t_1$  до  $t_2$  ( $T$  – постоянная времени нагрева) :

$$t = T \ln \frac{20 + t_2}{20 + t_1},$$

$$T = \frac{40GcK\rho_{20}}{U^2 h \zeta_T}$$

### 3. Высота электродов

Если задано время нагрева, то можно определить высоту электродов:

$$h = \frac{40GcK\rho_{20}}{U^2\zeta_T} \ln \frac{20 + t_2}{20 + t_1}$$

## 4. Проверка по плотности тока

Полученную площадь электрода проверяют по условиям максимальной плотности тока

$$j_{\max} = \frac{k_n U}{K \rho_t b}$$

$b$  - для плоских электродов их ширина, для цилиндрических – длина окружности сечения или дуги окружности.

Полученное значение проверяют по максимальной плотности тока исходя из условия

$$j_{\max} < j_{\text{доп}}$$

# Варианты

Рассчитать электродный нагреватель для парового электрокотла производительностью  $Q$ . Температура воды из водопроводной сети  $10^{\circ}\text{C}$ , удельное сопротивление при  $20^{\circ}\text{C}$   $2000 \text{ Ом}\cdot\text{см}$ , напряжение питания  $U$ . Корпус цилиндрический с диаметром  $D$ .

Удельная теплоемкость воды  $4200 \text{ Дж/кг }^{\circ}\text{C}$ , тепловой КПД  $0,97$ .

*Указание: при расчетах необходимо перевести производительность из  $\text{м}^3/\text{ч}$  в  $\text{кг}/\text{с}$ . Электродную систему выбрать самостоятельно из таблицы 1. Для систем 5 и 6 принимается  $a=0.51R$ ,  $r=0.21R$ . Для остальных систем Параметр  $b$  принимаете самостоятельно.*

Вариант	Q, $m^3/ч$	U, В	D, мм
1	0,5	380	120
2	2	220	140
3	4	380	90