Определение диаметра и длины нагревателя (нихромовой проволоки) для заданной мощности печи (простой расчет)

Пожалуй, наиболее простым вариантом **расчета нагревателей** из нихрома является выбор диаметра и длины **[нихромовой проволоки](http://www.metotech.ru/nihrom-price.htm)**при заданной мощности нагревателя, питающего напряжения сети, а также температуры, которую будет иметь нагреватель. Несмотря на простоту расчета, в нем имеется одна особенность, на которую мы обратим внимание ниже.

**Пример расчета диаметра и длины нагревательного элемента**

*Исходные данные:*
Устройство мощностью ***P*** = 800 Вт; напряжение сети ***U*** = 220 В; температура нагревателя 800 °C. В качестве нагревательного элемента используется нихромовая проволока Х20Н80.

**1.** Сначала необходимо определить силу тока, которая будет проходить через нагревательный элемент:
    ***I = P / U*** = 800 / 220 = 3,63 А.

**2.** Теперь нужно найти сопротивление нагревателя:
    ***R = U / I*** = 220 / 3,63 = 61 Ом;

**3.** Исходя из значения полученной в п. 1 силы тока, проходящего через **нихромовый нагреватель**, нужно выбрать диаметр проволоки. И этот момент является важным. Если, например, при силе тока в 6 А использовать нихромовую проволоку диаметром 0,4 мм, то она сгорит. Поэтому, рассчитав силу тока, необходимо выбрать из таблицы соответствующее значение диаметра проволоки. В нашем случае для силы тока 3,63 А и температуры нагревателя 800 °C выбираем нихромовую проволоку с диаметром ***d*** = 0,35 мм и площадью поперечного сечения***S*** = 0,096 мм2.

**Общее правило выбора диаметра проволоки** можно сформулировать следующим образом: необходимо выбрать проволоку, у которой допустимая сила тока не меньше, чем расчетная сила тока, проходящего через нагреватель. ***С целью экономии материала нагревателя следует выбирать проволоку с ближайшей большей (чем расчетная) допустимой силой тока***.

Таблица 1

|  |
| --- |
| **Допустимая сила тока, проходящего через нагреватель из нихромовой проволоки, соответствующая определенным температурам нагрева проволоки, подвешенной горизонтально в спокойном воздухе нормальной температуры** |
| **Диаметр [нихромовой проволоки](http://www.metotech.ru/), мм** | **Площадь поперечного сечения нихромовой проволоки, мм2** | **Температура нагрева нихромовой проволоки, °C** |
| **200** | **400** | **600** | **700** | **800** | **900** | **1000** |
| **Максимальная допустимая сила тока, А** |
| 5 | 19,6 | 52 | 83 | 105 | 124 | 146 | 173 | 206 |
| 4 | 12,6 | 37,0 | 60,0 | 80,0 | 93,0 | 110,0 | 129,0 | 151,0 |
| 3 | 7,07 | 22,3 | 37,5 | 54,5 | 64,0 | 77,0 | 88,0 | 102,0 |
| 2,5 | 4,91 | 16,6 | 27,5 | 40,0 | 46,6 | 57,5 | 66,5 | 73,0 |
| 2 | 3,14 | 11,7 | 19,6 | 28,7 | 33,8 | 39,5 | 47,0 | 51,0 |
| 1,8 | 2,54 | 10,0 | 16,9 | 24,9 | 29,0 | 33,1 | 39,0 | 43,2 |
| 1,6 | 2,01 | 8,6 | 14,4 | 21,0 | 24,5 | 28,0 | 32,9 | 36,0 |
| 1,5 | 1,77 | 7,9 | 13,2 | 19,2 | 22,4 | 25,7 | 30,0 | 33,0 |
| 1,4 | 1,54 | 7,25 | 12,0 | 17,4 | 20,0 | 23,3 | 27,0 | 30,0 |
| 1,3 | 1,33 | 6,6 | 10,9 | 15,6 | 17,8 | 21,0 | 24,4 | 27,0 |
| 1,2 | 1,13 | 6,0 | 9,8 | 14,0 | 15,8 | 18,7 | 21,6 | 24,3 |
| 1,1 | 0,95 | 5,4 | 8,7 | 12,4 | 13,9 | 16,5 | 19,1 | 21,5 |
| 1,0 | 0,785 | 4,85 | 7,7 | 10,8 | 12,1 | 14,3 | 16,8 | 19,2 |
| 0,9 | 0,636 | 4,25 | 6,7 | 9,35 | 10,45 | 12,3 | 14,5 | 16,5 |
| 0,8 | 0,503 | 3,7 | 5,7 | 8,15 | 9,15 | 10,8 | 12,3 | 14,0 |
| 0,75 | 0,442 | 3,4 | 5,3 | 7,55 | 8,4 | 9,95 | 11,25 | 12,85 |
| 0,7 | 0,385 | 3,1 | 4,8 | 6,95 | 7,8 | 9,1 | 10,3 | 11,8 |
| 0,65 | 0,342 | 2,82 | 4,4 | 6,3 | 7,15 | 8,25 | 9,3 | 10,75 |
| 0,6 | 0,283 | 2,52 | 4 | 5,7 | 6,5 | 7,5 | 8,5 | 9,7 |
| 0,55 | 0,238 | 2,25 | 3,55 | 5,1 | 5,8 | 6,75 | 7,6 | 8,7 |
| 0,5 | 0,196 | 2 | 3,15 | 4,5 | 5,2 | 5,9 | 6,75 | 7,7 |
| 0,45 | 0,159 | 1,74 | 2,75 | 3,9 | 4,45 | 5,2 | 5,85 | 6,75 |
| 0,4 | 0,126 | 1,5 | 2,34 | 3,3 | 3,85 | 4,4 | 5,0 | 5,7 |
| 0,35 | 0,096 | 1,27 | 1,95 | 2,76 | 3,3 | 3,75 | 4,15 | 4,75 |
| 0,3 | 0,085 | 1,05 | 1,63 | 2,27 | 2,7 | 3,05 | 3,4 | 3,85 |
| 0,25 | 0,049 | 0,84 | 1,33 | 1,83 | 2,15 | 2,4 | 2,7 | 3,1 |
| 0,2 | 0,0314 | 0,65 | 1,03 | 1,4 | 1,65 | 1,82 | 2,0 | 2,3 |
| 0,15 | 0,0177 | 0,46 | 0,74 | 0,99 | 1,15 | 1,28 | 1,4 | 1,62 |
| 0,1 | 0,00785 | 0,1 | 0,47 | 0,63 | 0,72 | 0,8 | 0,9 | 1,0 |

*Примечание*:

* если нагреватели находятся внутри нагреваемой жидкости, то нагрузку (допустимую силу тока) можно увеличить в 1,1 - 1,5 раза;
* при закрытом расположении нагревателей (например, в камерных электропечах) необходимо уменьшить нагрузки в 1,2 - 1,5 раза (меньший коэффициент берется для более толстой проволоки, больший - для тонкой).

**4.** Далее определим длину нихромовой проволоки.
    ***R = ρ · l / S***,
где ***R*** - электрическое сопротивление проводника (нагревателя) [Ом], ***ρ*** - удельное электрическое сопротивление материала нагревателя [Ом · мм2 / м], ***l*** - длина проводника (нагревателя) [мм], ***S*** - площадь поперечного сечения проводника (нагревателя) [мм2].

Таким образом, получим длину нагревателя:
    ***l = R · S / ρ*** = 61 · 0,096 / 1,11 = 5,3 м.

В данном примере в качестве нагревателя используется нихромовая проволока Ø 0,35 мм. В соответствии с [**ГОСТ 12766.1-90**](http://www.metotech.ru/gost_12766_1_90.htm)**"Проволока из прецизионных сплавов с высоким электрическим сопротивлением. Технические условия"** номинальное значение удельного электрического сопротивления нихромовой проволоки марки Х20Н80 составляет 1,1 Ом · мм2 / м (***ρ*** = 1,1 Ом · мм2 / м), см. табл. 2.

***Итогом расчетов является необходимая длина нихромовой проволоки, которая составляет 5,3 м, диаметр - 0,35 мм.***

Таблица 2

|  |
| --- |
| **Удельное электрическое сопротивление нихрома (номинальное значение) - по**[**ГОСТ 12766.1-90**](http://www.metotech.ru/gost_12766_1_90.htm) |
| **Марка сплава** | **Диаметр, мм** | **Удельное электрическое сопротивление ρном, мкОм·м** |
| [Х20Н80-Н](http://www.metotech.ru/nihrom-price.htm) | от 0,1 до 0,5 включ. | 1,08 |
| от 0,5 до 3,0 включ. | 1,11 |
| Св. 3,0 | 1,13 |
| Х15Н60, Х15Н60-Н | от 0,1 до 3,0 включ. | 1,11 |
| Св. 3,0 | 1,12 |
| Х23Ю5Т | Все диаметры | 1,39 |

Определение диаметра и длины нагревателя (нихромовой проволоки) для заданной печи (подробный расчет)

Расчет, представленный в данном пункте, является более сложным, чем выше. Здесь мы учтем дополнительные параметры нагревателей, попытаемся разобраться с вариантами подключения нагревателей к сети трехфазного тока. Расчет нагревателя будем проводить на примере электрической печи. Пусть исходными данными являются внутренние размеры печи.

**1.** Первое, что необходимо сделать - посчитать объем камеры внутри печи. В данном случае возьмем ***h*** = 490 мм, ***d*** = 350 мм и ***l*** = 350 мм (высота, ширина и глубина соответственно). Таким образом, получаем объем ***V = h · d · l*** = 490· 350 · 350 = 60 · 10 6 мм3 = 60 л (мера объема).

**2.** Далее необходимо определить мощность, которую должна выдавать печь. Мощность измеряется в Ваттах (Вт) и определяется по**эмпирическому правилу**: для электрической печи объемом 10 - 50 литров удельная мощность составляет 100 Вт/л (Ватт на литр объема), объемом 100 - 500 литров - 50 - 70 Вт/л. Возьмем для рассматриваемой печи удельную мощность 100 Вт/л. Таким образом мощность нагревателя электрической печи должна составлять ***P*** = 100 · 60 = 6000 Вт = 6 КВт.

Стоит отметить, что при мощности 5-10 кВт **нагреватели** изготовляют, обычно, однофазными. При больших мощностях для равномерной загрузки сети нагреватели делают трехфазными.

**3.** Затем нужно найти силу тока, проходящего через нагреватель ***I = P / U***, где ***P*** - мощность нагревателя, ***U*** - напряжение на нагревателе (между его концами), и сопротивление нагревателя ***R = U / I***.

Здесь может быть **два варианта подключения к электрической сети**:

* к бытовой сети однофазного тока - тогда ***U*** = 220 В;
* к промышленной сети трехфазного тока - ***U*** = 220 В (между нулевым проводом и фазой) или ***U*** = 380 В (между двумя любыми фазами).

Далее расчет будет проведен отдельно для однофазного и трехфазного подключения.

**Бытовая сеть однофазного тока**

     ***I = P / U*** = 6000 / 220 = 27,3 А - ток проходящий через нагреватель.
Затем необходимо определить сопротивление нагревателя печи.
     ***R = U / I*** = 220 / 27,3 = 8,06 Ом.



**Рисунок 1 Проволочный нагреватель в сети однофазного тока**

Искомые значения диаметра проволоки и ее длины будут определены в п. 5 данного параграфа.

**Цвет каления стали \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Температура нагрева**
Темно-коричневый (виден в темноте)\_\_\_\_\_\_530-580
Коричнево-красный\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_580-650
Темно-красный\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_650-730
Темно-вишнево-красный\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_730-770
Вишнево-красный\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_770-800
Светло-вишнево-красный\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_800-830
Светло-красный\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_830-900
Оранжевый\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_900-1050
Темно-желтый\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_1050-1150
Светло-желтый\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_1150-1250
Ярко-белый\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_1250-1350

*При слабом дневном освещении черные металлы, нагретые до различных температур, °С, имеют следующие цвета каления:*

***Темно-красный..............650  Оранжево-желтый.............1000***

***Вишнево-красный.........700  Светло-желтый..................1100***

***Светло-красный...........800   Соломенно-желтый...........1150***

***Густо-оранжевый.........900   Белый разной яркости ....1200—1400***