



## Нагревательные кабели: виды и области применения.

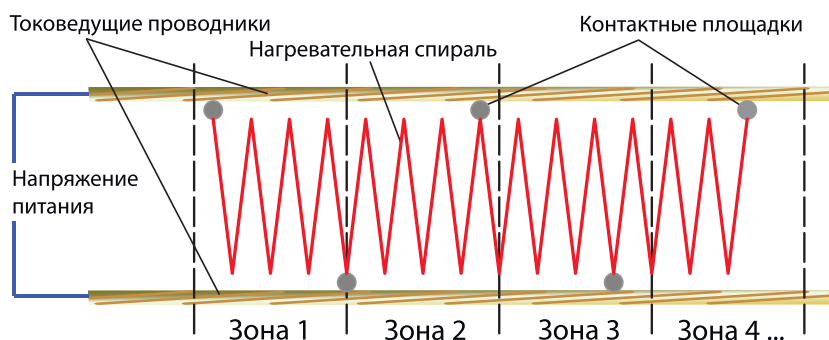
Нагревательные кабели - специфический вид кабельных изделий, преобразующих электрическую энергию в тепловую в целях нагрева и выполняющих функцию приемника электрической энергии, а не передающей линии. Нагревательные кабели значительно отличаются от обычных кабелей и проводов, назначение которых передавать электрическую энергию с наименьшими потерями и с незначительным падением напряжения на длине линии (обычно не более 5%). Нагревательный кабель используется в виде нагревательных секций, т.е. отрезков определенной длины, причем на этой длине происходит полное падение приложенного напряжения. Следовательно, нагревательную секцию следует рассматривать как обычный приемник электрической энергии (как один из видов электрических нагревательных элементов). Длина кабельных нагревательных секций обычно колеблется от нескольких метров и до нескольких сотен метров. Отрицательный для обычных кабелей эффект рассеяния части передаваемой энергии в виде тепла используется как полезный в нагревательных кабелях. Причем преобразование электрической энергии в тепло происходит самым оптимальным и экономичным способом. Преобразование полное, бесшумное, без использования дополнительных веществ (топлива, окислителя).

Нагревательные кабели имеют достаточно развитую номенклатуру и находят применение в самых разнообразных установках и устройствах. Но все же они относятся к своеобразным кабельным изделиям и в специальной литературе практически отсутствуют работы по конструированию, расчету и применению нагревательных кабелей.

## Виды кабелей по схеме тепловыделения.

Резистивные линейные – нагревательные кабели, в которых выделение тепла происходит за счет эффекта Джоуля-Ленца при прохождении электрического тока по нагревательной жиле. Кабель конструируется таким образом, чтобы в нагревательной жиле имело место полное падение приложенного напряжения, но при этом не происходил перегрев элементов кабеля выше допустимых значений. Длина нагревательной секции обычно составляет от нескольких до сотен метров. Кабели данного типа могут иметь одну, две или несколько параллельных нагревательных жил, имеющих линейную или спиральную форму. Произвольная резка кабеля по длине недопустима. Тепловая мощность резистивных линейных кабелей при нагреве незначительно уменьшается, причем величина изменения зависит от величины температурного коэффициента сопротивления материала нагревательной жилы. Наименьшие изменения сопротивления наблюдаются у сплавов высокого сопротивления ( $TK_p + 0,0001$ ), наибольшие у меди ( $TK_p + 0,004$ ).

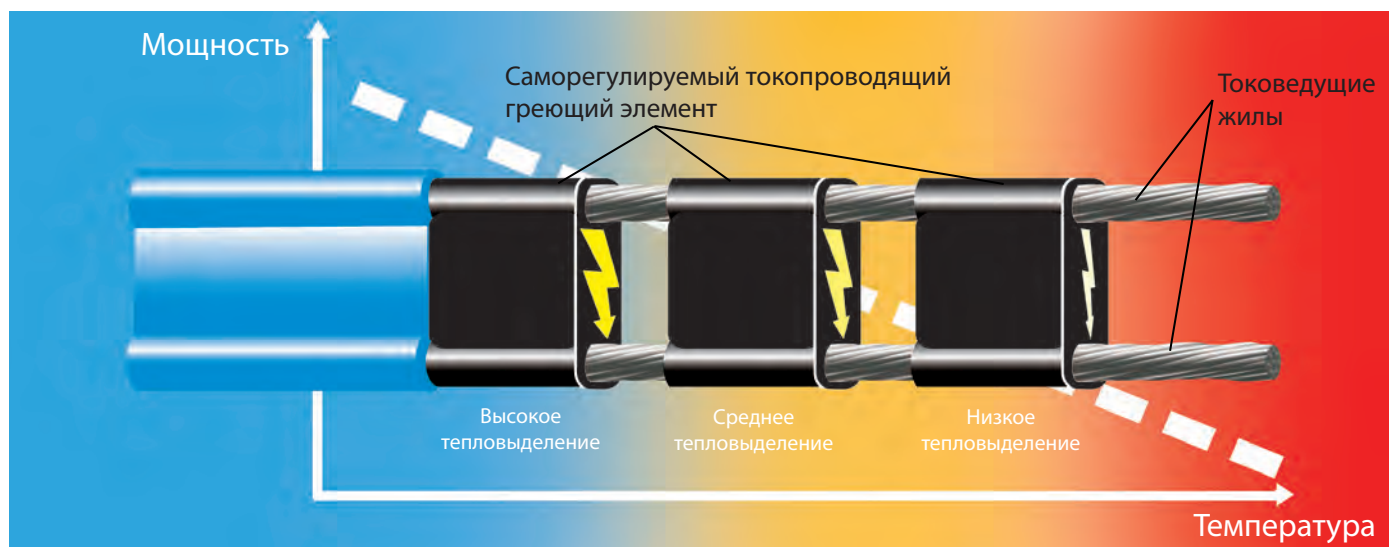
Резистивные **зональные** нагревательные кабели по принципу действия не отличаются от предыдущих, но коренным образом отличаются по конструктивному исполнению. Они содержат две параллельных изолированных токопроводящих жилы. Изоляция токопроводящих жил имеет периодически расположенные «окна», смещенные друг относительно друга с заданным шагом (обычно около 0,7-1,5 м). Поверх этих двух жил накладывается тонкая проволочная спираль из сплава высокого сопротивления. В «окнах» спираль замыкается на токопроводящие жилы, в результате кабель представляет набор подключенных параллельно к токопроводящим жилам сопротивлений (резисторов). На каждом из них имеет место полное падение приложенного напряжения.





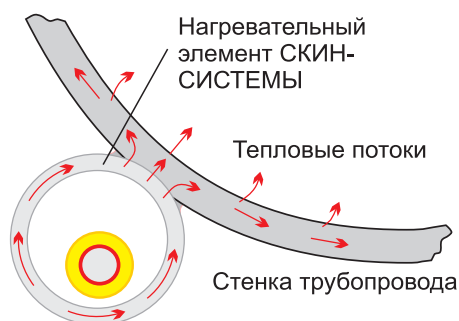
Зональный кабель удобен тем, что он может быть разрезан в любом месте. Минимальная длина нагревательной секции – 1,5 - 2 м. Максимальная длина определяется сечением токопроводящих жил и линейной мощностью. Поскольку нагревательный элемент резистивных зональных кабелей выполняется из сплавов высокого сопротивления, их мощность практически не зависит от температуры, поэтому их называют также кабелями постоянной мощности.

**Саморегулирующиеся** кабели имеют конструкцию, частично сходную с конструкцией резистивных зональных кабелей. Они также содержат две параллельные токопроводящие жилы, но не изолированные. Токопроводящие жилы либо заключены в полимерную проводящую матрицу, либо соединяются через спиральные полимерные проводящие нити.



Эффект саморегулирования достигается за счет того, что тепловыделяющий элемент кабеля, выполненный из полимерного проводящего материала, значительно увеличивает свое сопротивление при нагреве. Величина ТКр проводящего полимера достигает 0,05-0,075, т.е. в 12-18 раз больше, чем у меди.

**Индуктивные** нагревательные кабели в своей конструкции содержат ферромагнитные элементы, а токопроводящие изолированные жилы наложены вокруг ферромагнитных элементов в виде обмотки, индуцирующей в сердечнике переменный магнитный поток. Эффект тепловыделения достигается как за счет резистивных потерь в обмотке, так и за счет резистивных потерь в сердечнике, возникающих от наведенных токов. Соотношение тех и других потерь определяется конструкцией кабеля. Потери в сердечнике могут составлять 80-20% общих потерь в кабеле.



В первом случае потери в обмотке невелики, и она незначительно нагревается за счет собственных потерь, что позволяет получить заметно большую, по сравнению с резистивными кабелями, линейную мощность. Метод обогрева трубопроводов с помощью «СКИН-эффекта» также может рассматриваться как один из вариантов индуктивного кабеля. В этом случае роль индуктирующей обмотки выполняет изолированная жила большого сечения, а роль индуктора – стальная труба, в которой эта жила расположена. Тепло выделяется как в жиле, так и в трубе за счет наведенных вихревых токов.

## Области применения нагревательных кабелей.

Устройства, в которых используются нагревательные кабели, могут разительно отличаться друг от друга по размерам, рабочей температуре и тепловой мощности. Поэтому диапазон областей применения нагревательных кабелей очень широк. Приведем только несколько из них.



Обогреваемые одежда, одеяла, коврики - электрические одеяла и пледы, грелки, сидения с подогревом, обогреваемая одежда и обувь. Как правило, имеют небольшую мощность (10 - 50 Вт) и рабочую температуру, безопасную для человека, т.е. не выше 50°C. В эту же группу могут быть отнесены бытовые нагреватели малой мощности: подогреватели детского питания, размораживатели холодильников, использующие нагревательные кабели.

Системы обогрева помещений - в них нагревательные кабели используются как тепловыделяющий элемент, более или менее равномерно размещенный по площади помещения. В случае необходимости кабели могут монтироваться на стенах и на потолке. Наилучший вариант установки кабелей с точки зрения условий теплоотдачи, накопления тепла, сохранности и безопасности - это установка кабеля в цементно-песчаную стяжку, укладываемую под декоративным покрытием пола. Температура на обогреваемой поверхности обычно равна 22 - 26°C, но может достигать и больших значений. Удельная мощность систем обогрева через пол варьируется в диапазоне 80-170 Вт/м<sup>2</sup>. Аккумулирующие системы имеют мощность до 200 Вт/м<sup>2</sup>. Суммарная мощность системы может иметь весьма широкие пределы: от 100 Вт до десятков и сотен киловатт.

Антиобледенительные системы для тротуаров, открытых лестниц, пандусов. Как и в предыдущем случае кабели укладываются в бетонную подоснову. Эти системы функционируют только в то время, когда на поверхность указанных объектов выпадает снег или образуется наледь. Удельная мощность систем обогрева открытых поверхностей варьируется в диапазоне 250-400 Вт/м<sup>2</sup>. Суммарная мощность системы колеблется в пределах от нескольких до десятков сотен киловатт. Сюда же относятся антиобледенительные системы для спортивных сооружений (футбольных полей, беговых дорожек, ипподромов, теннисных кортов), опасных участков транспортных магистралей (подъемов, спусков, крутых поворотов), взлетно-посадочных полос. Удельная мощность обогрева данных систем может достигать 500 Вт/м<sup>2</sup>, а суммарная мощность - нескольких мегаватт.

Антиобледенительные системы для кровель зданий служат для предотвращения: закупоривания льдом путей стока воды, образования сосулек и для удаления снега и льда с опасных участков. Нагревательные кабели размещаются вдоль путей стока воды, в водосточных трубах, на карнизах, водометах, на ендовах и примыканиях. Используемые в этих системах нагревательные кабели имеют, как правило, линейную мощность 25-30 и более Вт на метр. Суммарная мощность системы зависит от конструкции и размеров крыши у конкретного здания и колеблется от 1-2 до нескольких сотен киловатт. Температура на поверхности антиобледенительных систем в отсутствие снега и льда и при отрицательной температуре окружающего воздуха обычно составляет +5 ... +7°C. В процессе плавления снега и льда температура поверхности только на доли градуса превышает 0°C. При температуре окружающего воздуха выше +5°C антиобледенительные системы отключаются за ненадобностью.

Системы обогрева трубопроводов и резервуаров. Трубопроводные системы отличаются большой протяженностью и разветвленностью и для их обогрева как нельзя лучше подходят нагревательные кабели. На практике, как правило, имеют место два типа систем обогрева – предотвращающие замораживание и поддерживающие на трубе температуру выше нормальной (выше +20°C). Основное назначение систем обоих типов – компенсация потерь тепла от трубы (или резервуара) в окружающую среду. Нагревательные секции монтируются поверх трубы (резервуара) и все вместе закрывается тепловой изоляцией. Линейная мощность систем обогрева трубопроводов обычно равна 10-60 Вт/м. Суммарная мощность системы зависит от длины трубопровода, Удельная мощность систем обогрева резервуаров равна 10-100 Вт на 1м<sup>2</sup> обогреваемой поверхности, а суммарная зависит от размера резервуара. Назначение систем, предотвращающих замораживание - исключить образование ледяных пробок и разрыв трубопроводов, поэтому на трубе достаточно поддерживать +5°C. Системы поддержания температуры могут весьма значительно различаться по требуемой температуре на трубе (резервуаре): для транспортировки нефти и многих водных растворов достаточно +40°C, а для битума требуется 160-180°C. Системы обогрева технологического оборудования отличаются большим разнообразием по назначению, требуемым температурам, удельным мощностям и разрабатываются на основе индивидуального подхода.