

## Методическая разработка

# Обогрев трубопроводов

**Задачи, решаемые электрокабельным обогревом (ЭКО) трубопроводов:**

- Предотвращение замерзания воды в трубах водоснабжения, канализации и дренажных систем
- Поддержание заданной температуры продукта внутри трубы
- Предотвращение застывания перекачиваемых масел и паст
- Предотвращение образования ледяных пробок из застывшего конденсата в воздухопроводе
- Эффективное горячее водоснабжение

**Варианты систем электрокабельного обогрева (ЭКО) трубопроводов:**

**1. Установка кабеля Devi-Pipeguard™-25 на внешней поверхности трубы.**



**2. Установка кабеля Devi-Pipeheat™-10 (DPH-10) внутри трубы.**



**3. Обогрев трубопровода под землёй. Кабель Deviflex™ DTIP-10.**



## Исходные данные

<b>Параметр</b>	<b>Возможные варианты</b>
Перекачиваемый продукт	Вода питьевая, техническая, канализационная, мазут, солярка, технологические масла и пасты.
Условия расположения трубопровода	Открыто, в коллекторе, в грунте. Один трубопровод в холодных и тёплых зонах.
Материал труб	Металл, пластик, металлопластик.
Конфигурация трубопровода	Отдельные участки, разветвлённый трубопровод, длинный (сотни метров) трубопровод.
Подключение к питающей сети	С одной стороны или в нескольких точках трубопровода.
Наличие трубопроводной арматуры и пр.	Вентили, клапаны, патрубки, Т-образные разветвления, фланцы ревизии.
Длина обогреваемых участков	$L_{тр}$ , м
Наружный диаметр трубы	$d$ , мм
Толщина стенки трубы	$\delta$ , мм
Максимально низкая температура в климатической зоне	Средняя полоса: $-35^{\circ}\text{C}$ ; Юг: $-20^{\circ}\text{C}$ ; Север: $-55^{\circ}\text{C}$
Расчётная температура снаружи	Для Москвы: $T_{ex} = -26^{\circ}\text{C}$
Расчётная температура внутри трубы	Для трубопровода с водой: $T_{in} = +4...5^{\circ}\text{C}$
Теплоизоляция: материал, коэффициент теплопроводности	Типовое значение $\lambda_{из} = 0,04 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$
Возможная толщина теплоизоляции	$\delta_{из}$ , мм
Выбранный (возможный) способ установки кабеля	Снаружи: <i>линейно, спиралью, волной</i> . Внутри: <i>1 или 2 линии кабеля</i> .
Расчётный коэффициент запаса по теплотерям	Стандартный: <b>1,3 (30%)</b>

## Расчёт системы обогрева трубопровода:

1. Выбрать тип нагревательного кабеля и терморегулятор:

### **Обогрев изнутри, трубопроводы с питьевой водой:**

**DTIV-9:** резистивный кабель; поставляется в комплекте с вводной муфтой; необходим терморегулятор **Devireg™330, Devireg™610**.

**DPH-10:** саморегулирующийся кабель; имеет сетевую вилку; вводная муфта приобретается, как опция; можно включать в сеть питания (220 В~) без терморегулятора.

**Обогрев снаружи, металлические трубы:** DTIP-10, DTIP-18, DSIG-10, DSIG-20,

саморегулирующиеся кабели DPH-10, Devi-Pipeguard-10 (-25, -33), Devi-Hotwatt-55.

**Обогрев снаружи, пластиковые трубы:** все типы кабелей, кроме DTIP-18, DSIG-20.

Резистивные кабели **DTIP-10, DSIG-10** обязательно подключать через терморегулятор!  
Пластиковая труба оклеивается сплошным слоем алюминиевого скотча или обматывается фольгой толщиной 100...150 мкм.

2. Определить по таблице или рассчитать по формуле теплотери 1 м  $q$  (Вт/м) и всего  $Q$  (Вт) трубопровода:

2.1. Трубопровод на открытом воздухе (или в холодном помещении) с теплоизоляцией.

Таблица теплотери – в Пособии DEVI «Кабельные электрические системы отопления». Значения теплотери с 1 м трубы (Вт/м) приведены в таблице с 30%-ным запасом.

Расчёт теплотери 1 м теплоизолированного трубопровода по формуле

$$q [Вт / м] = 1,3 \frac{2 T}{\ln \left( \frac{D}{d} \right)}$$

$q$  – теплотери 1 м трубопровода, Вт/м  
 1,3 – расчётный коэффициент запаса (30%)  
 = 3,14

$\lambda$  – удельная теплопроводность теплоизоляции, Вт/м·К

$\Delta T$  – перепад температуры  $T_{in} - T_{ex}$ , К

$d$  – наружный диаметр трубы, мм

$D = d + 2\delta_{из}$  – наружный диаметр теплоизоляции, мм

удобен в случае, когда требуется точно значение теплотери для заданных параметров трубопровода.

Теплотери всего трубопровода длиной  $L_{тр}$ :  **$Q [Вт] = q L_{тр}$**

2.2. Трубопровод без теплоизоляции расположен непосредственно в земле на глубине  $h$ , м.

Теплотери 1 м трубопровода в земле рассчитываются по формуле:

$$q [Вт / м] = 1,3 \frac{2 T}{\ln \left( \frac{4h}{d} \right)}$$

при условии  $h > 6 d$ ,

где:  $h$  – глубина залегания трубы в земле, мм

$d$  – наружный диаметр трубы, мм

$\Delta T$  – перепад температуры  $T_{in} - T_{ex}$ , типовое значение 30 К

$T_{in}$  – температура внутри трубы, °С

$T_{ex}$  – температура воздуха, °С

$\lambda$  – удельная теплопроводность грунта, типовое значение 0,5 Вт/м·К

Для выбранных значений  $\Delta T$  и  $\lambda$  значение требуемой мощности для компенсации теплотери 1 м трубы  $q$  (Вт/м) можно взять из таблицы:

Минимальная температура воздуха в зимний период -30°C			
Наружный диаметр трубы, мм	Требуемая мощность (Вт/м) при различной глубине $h$ залегания трубы		
	500 мм	800 мм	1000 мм
21	26,9	24,4	23,3
27	28,4	25,6	24,5
33	29,8	26,8	25,5
42	31,7	28,3	26,9
48	32,8	29,2	27,7
60	34,9	30,8	29,2
75	37,3	32,6	30,8
89	39,3	34,2	32,2
114	42,8	36,7	34,4
165	49,1	41,3	38,4

Теплопотери всего трубопровода длиной  $L_{тр}$ :  $Q [Вт] = q L_{тр}$

3. Выбрать нагревательный кабель необходимой длины и мощности из существующей номенклатуры.

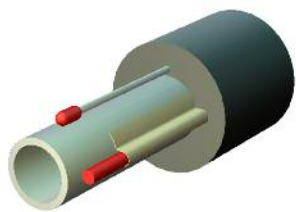
Выбираем кабель с мощностью  $P_k$  (при температуре, поддерживаемой внутри трубы  $T_{in}$  и напряжении питания 220 В) не меньше, чем теплопотери всего трубопровода  $Q$ .

Для саморегулирующихся кабелей, закрепляемых снаружи на поверхности труб, погонная мощность теплоотдачи будет равна (при температуре  $+4^{\circ}C$  и напряжении питания 220 В):

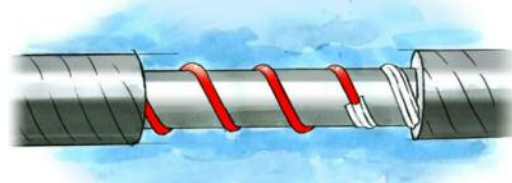
<b>Devi-Pipeguard-10</b>	<b>12,6 Вт/м</b>
<b>Devi-Pipeguard-25</b>	<b>25,3 Вт/м</b>
<b>Devi-Pipeguard-33</b>	<b>31,1 Вт/м</b>

4. Выбрать способ укладки кабеля:

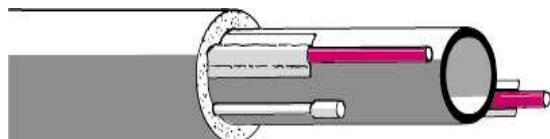
**Вдоль трубы в одну линию:**



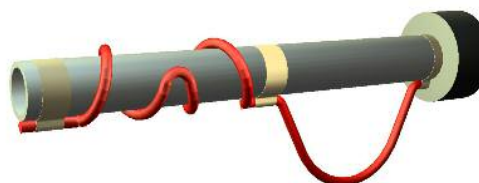
**Намотка спиралью:**



**Вдоль трубы в две линии:**



**Намотка «волной»:**



Укладка в 1 линию применяется, если теплопотери  $q$  не превышают погонную мощность кабеля  $p$  (Вт/м). 2, 3 или 4 линии кабеля, уложенные вдоль трубы, применяются, если потери 1 м трубы превышают погонную мощность кабеля соответственно в 2, 3 или 4 раза. Намотка спиралью обычно применяется, если теплопотери при выбранной теплоизоляции превышают мощность теплоотдачи 1м нагревательного кабеля. Шаг спирали  $h$  рассчитывается по формуле:

$$h = \frac{d}{\sqrt{L_k / L_{тр}^2 - 1}}$$

где  $d$  – наружный диаметр трубы;

$L_k$  – длина нагревательного кабеля, м;

$L_{тр}$  – длина обогреваемого участка трубы, м.

Намотка «волной» - самый удобный способ монтажа кабеля, когда теплопотери с 1 м трубы превышают погонную мощность кабеля. Вначале кабель прикрепляют скотчем к трубе, образуя равномерно провисающие петли (см. рис.), затем заворачивают петли вокруг трубы.

Следует предусмотреть по  $\sim 0,5$  м кабеля на усиление прогрева трубопроводной арматуры, патрубков и на изготовление соединительных муфт саморегулирующихся кабелей.

5. Выбрать терморегулятор для управления работой системы ЭКО.

Для задачи обогрева трубопроводов с водой, накопительных баков применяется терморегулятор **Devireg™330** с рабочим диапазоном  $(-10...+10)^{\circ}C$ .

Для решения технологических задач: **Devireg™330** с необходимым температурным диапазоном или дифференциальный терморегулятор **Devireg™316**.

**ПРИМЕР 1: обогреть зону промерзания участка трубы водоснабжения дачного дома.**

**Данные:** средняя полоса; полипропиленовая труба с участком промерзания длиной  $L=30$  м, с наружным диаметром  $d=32$  мм; расположена на открытом воздухе; вода питьевая.

Рассчитываем перепад температуры  $\Delta T=+4-(-26)=30^{\circ}\text{C}$ . Выбираем теплоизоляционные трубки (Thermaflex, Kaiflex, Энергофлекс и др.) с подходящим внутренним диаметром и с толщиной теплоизоляции **20 мм** (расчётный коэффициент теплопроводности  $\lambda = 0,04$  Вт/(м\*К)).

В таблице теплотерь находим  $q = 10,8$  Вт/м;  $Q=10,8$  Вт/м  $\times$  30 м = 324 Вт.

При установке кабеля внутри трубы выбираем марку кабеля с наружной оболочкой, безвредной для питьевой воды и мощностью не меньше теплотерь всего трубопровода.

**Вариант 1: Резистивный кабель.** В нашем примере DTIV-9 40м 329 Вт. Устанавливается внутри трубы.

**Вариант 2: Саморегулирующийся кабель.** В нашем примере Devi-Pipeheat-10 (DPH-10) 30м (мерный, на бобине) 12,6 Вт/м  $\times$  30 м = 378 Вт (при  $0^{\circ}\text{C}$ , 220 В) для установки внутри или снаружи трубы. Альтернативное решение – саморегулирующийся кабель **Devi-Pipeguard-10** – в нашем примере может быть установлен только на внешней поверхности трубы, так как наружная оболочка этого кабеля не допускает прямого контакта с питьевой водой. Перед установкой кабеля поверхность пластиковой трубы должна быть обязательно покрыта сплошным слоем фольги или алюминиевого скотча.

**ПРИМЕР 2: обогреть трубу канализации, расположенную непосредственно в земле.**

**Данные:** средняя полоса; чугунная труба с участком промерзания длиной  $L_{\text{тр}} = 40$  м, с наружным диаметром  $d = 110$  мм; расположена в песчаном грунте на глубине  $h = 0,6$  м. Теплоизоляция и коллектор трубопровода отсутствуют.

Рассчитываем по формуле (пп.2.2) теплотери 1 м трубопровода:

$$q[\text{Вт/м}] = 1,3 \frac{2 T}{\ln\left(\frac{4h}{d}\right)} = 1,3 \frac{2 \cdot 0,5 \cdot 30}{\ln\left(\frac{4 \cdot 600}{110}\right)} = 39,7 \text{ Вт/м}$$

Общие теплотери:  $Q = q \cdot L_{\text{тр}} = 39,7 \text{ Вт/м} \cdot 40 \text{ м} = 1590 \text{ Вт}$

Нагревательный кабель с внешней оболочкой, стойкой к агрессивной среде и обеспечивающей компенсацию теплотерь при установке в одну линию внутри трубы:

**Devi-Pipeguard-33** в водной среде имеет мощность теплоотдачи не меньше расчётных теплотерь. Итак, выбираем саморегулирующийся кабель длиной 40 м. Соединительная муфта должна иметь дополнительную термоусадочную трубку из материала KYNAR для защиты от влияния агрессивной среды.