

**РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ,  
МОНТАЖУ И ЭКСПЛУАТАЦИИ  
АНТИОБЛЕДЕНИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ КРОВЕЛЬ**



## ПРЕДИСЛОВИЕ

Пособие разработано к главам ДБН В.2.6.-14-97 (Конструкция зданий и сооружений. Покрытия зданий и сооружений).

Пособие содержит рекомендации по проектированию и устройству антиобледенительных систем кровель, а также рекомендации по безопасной эксплуатации этих систем.

Пособие разработано на основании опыта многолетних исследований, разработки и внедрения антиобледенительных систем для кровель, внешних и внутренних водостоков.

## ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Внедрение антиобледенительных систем, использующих нагревательные кабели, при учете особенностей конструкции кровли, позволяет:

- исключить образование наледи и сосулек при оптимальных капитальных затратах и незначительном энергопотреблении;
- обеспечить работоспособность системы организованного водостока в течение зимы и межсезонья;
- исключить протечки, повреждения фасадов зданий и сооружений;
- исключить механическую очистку кровли, что повышает срок службы покрытия кровли.

1.2 Система включает в себя:

- греющую часть, состоящую из нагревательных кабелей и аксессуаров для их крепления на кровле, и непосредственно выполняющую задачу перевода осадков в виде снега или инея в воду вплоть до их полного удаления; в состав греющей части входят также воронки с подогревом, некоторые элементы снегозадержания, взаимодействующие с нагревательными элементами;
- распределительную и информационную сеть, обеспечивающую питание для всех элементов греющей части и проведение информационных сигналов от датчиков до щита системы управления; в состав системы входят силовые и информационные кабели, соответствующие условиям работы на кровле, распределительные коробки и крепежные элементы;
- систему управления, содержащую шкаф управления, специальные терморегуляторы, датчики температуры, осадков и воды, пускорегулирующую и защитную аппаратуру, соответствующую мощности системы и классу исполнения шкафа управления.

1.3 Механизм образования наледи.

Осадки в виде снега, находясь на кровле, не представляют собой какой-либо опасности. Однако, если создаются условия для плавления снега под действием какого-либо источника тепла, он превращается в воду. Если у образовавшейся талой воды отсутствуют пути для быстрого ухода с кровли, то при наступлении отрицательной температуры она замерзает, превращаясь в лед. Поскольку необходимые условия для плавления (и скорость плавления) у льда и снега весьма различны, при следующем кратковременном и не повсеместном действии источника теплоты возможно не плавление, а напротив, увеличение ледовой пробки. Такой механизм образования наледи может приводить к образованию ледяных заторов, пробок и сосулек длиной в десятки метров и весом в сотни килограмм.

1.4 Источниками теплоты являются:

Атмосферное тепло. Суточные температуры воздуха колеблются с амплитудой, достигающей 15°C, и при колебаниях в диапазоне от +3.°C днем до –6...-10°C ночью создаются наиболее благоприятные условия для образования наледи. Весной к ним можно

добавить излучение солнца. Хотя поверхности снега и льда отражают большую часть падающего на них излучения, даже небольшой налет грязи резко увеличивает коэффициент поглощения. Кроме того, быстро нагреваются оголившиеся участки кровли и плавление идет с внутренней стороны слоя. Поэтому образование наледи весной идет более интенсивно чем осенью.

Собственное тепловыделение кровли. Тепловыделение имеет место на любой кровле. В минимальной степени оно наблюдается на кровлях с проветриваемым чердаком (холодные кровли). Однако распространившееся в последнее время использование чердачного пространства для проживания (мансарды) или для оборудования технического этажа, где устанавливается большое количество мощного оборудования для отопления, вентиляции и кондиционирования, резко меняет требования к традиционной конструкции кровли, что далеко не всегда учитывается проектантами и архитекторами. Недостаточно эффективная теплоизоляция и отсутствие продухов приводят к тому, что под поверхностью лежащего на кровле снега (представляющего собой неплохой теплоизолятор) идет постоянное медленное плавление снега, причем этот процесс имеет место на всей поверхности кровли кроме самых ее краев. Такие кровли можно назвать теплыми. Для них характерно образование наледи в более широком диапазоне температур воздуха, что фактически может означать опасность образования наледи почти весь холодный сезон.

При разработке и монтаже антиобледенительной системы надо иметь в виду, что проектировщик должен обеспечить воде, появившейся в результате работы системы, свободный путь вплоть до полного увода с кровли и из водостоков.

#### 1.5 Общие выводы:

- антиобледенительные системы кровли в основном работают в весенне-осенний периоды, а также во время оттепелей; работа системы в холодный период ( $-15\dots-20^{\circ}\text{C}$ ) неэффективна из-за недостаточной мощности системы, а также из-за отсутствия процессов, приводящих к образованию наледи, ледяных пробок и заторов.
- система должна быть оснащена датчиками температуры, осадков и воды и соответствующим специализированным терморегулятором, который должен управлять работой системы и допускать возможность подстройки параметров температуры с учетом конкретных особенностей климатической зоны, расположения и этажности здания.
- нагревательные кабели должны быть установлены на всем пути талой воды, начиная с горизонтальных желобов и лотков, и заканчивая выходами из водостоков, а при наличии входов в ливневую канализацию – вплоть до коллекторов ниже глубины промерзания.
- должны быть выполнены нормативы установленной мощности нагревательных кабелей для различных частей системы: горизонтальных лотков и желобов и вертикальных водостоков.

Лишь выполнение перечисленных требований позволит создавать совершенно безопасные и весьма эффективные антиобледенительные системы кровли.

## 2. ВЫБОР НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ КАБЕЛЕЙ ДЛЯ АНТИОБЛЕДЕНИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

2.1 Нагревательные кабели – основной элемент антиобледенительных систем, обеспечивающий их эффективность и надежность.

2.2 Нагревательные кабели для антиобледенительных систем должны удовлетворять следующим требованиям:

- быть стойкими к атмосферным осадкам, солнечной радиации, воздействию отрицательных и положительных температур, которые могут достигать - 40°C зимой и + 90°C летом;
- обладать достаточно высокой механической прочностью, чтобы противостоять нагрузкам от снега и льда;
- иметь линейную тепловую мощность, достаточную для эффективного плавления снега ( не менее 25 Вт/м);
- отличаться высокими электроизоляционными свойствами с целью обеспечения электрической безопасности системы; нагревательные кабели, устанавливаемые на кровлях, в обязательном порядке должны иметь двухслойную теплостойкую электрическую изоляцию и металлический экран с сопротивлением не более, чем у медной жилы сечением 1мм<sup>2</sup>.

2.3 Следует особо отметить, что не всякий нагревательный кабель, применяемый для систем подогрева пола пригоден для использования в системах снеготаяния.

### 3. ТИПЫ НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ КАБЕЛЕЙ ДЛЯ АНТИОБЛЕДЕНИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

#### 3.1 Резистивные.

Тепловыделяющий элемент – металлическая жила. Линейное тепловыделение от 25 Вт/м жестко фиксировано самой конструкцией и не зависит от внешних условий.

##### 3.1.1 Особенности применения.

Секции кабеля имеют жестко фиксированную длину, в то время как размеры лотков и длины водостоков весьма разнятся. Это делает проектирование и монтаж антиобледенительных систем кровель на резистивных кабелях достаточно трудоемким, и проект часто приходится корректировать при монтаже “по месту”.

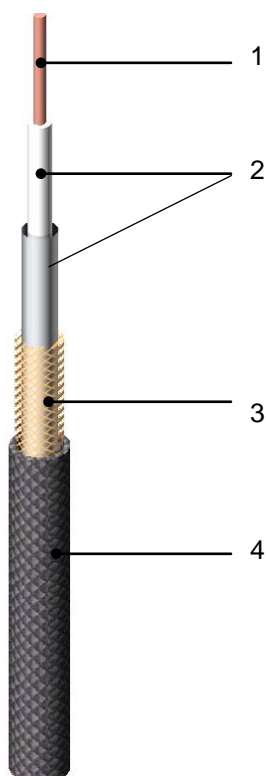


Рисунок 3.1- Конструкция резистивного кабеля:

1-нагревательная жила; 2-изоляция; 3-оплетка из медной проволоки; 4-оболочка

### 3.2 Саморегулирующиеся.

Тепловыделяющий элемент – специальная тепловыделяющая пластиковая матрица. Линейное тепловыделение – от 6 до 90 Вт/м. Важная особенность саморегулирующегося кабеля состоит в том, что тепловыделение может изменяться по длине секции в зависимости от локальных теплопотерь. Фактически каждый участок кабеля “приспосабливается” к окружающим именно его внешним условиям. Тепловыделение нормируется для стандартизованных условий и обычно входит в наименование кабеля.

#### 3.2.1 Особенности применения.

Кабель может быть использован произвольными длинами (от 0,2м до десятков метров), причем резка может производиться на объекте. Ограничение накладывается на предельную длину, которая для разных типов кабелей составляет от 60 до 150м.

Тепловыделение кабеля в условиях кровли больше номинального в 1,5 – 2 раза, поскольку во время работы кабель частично погружен в воду.

В антиобледенительных системах кровли на основе саморегулирующихся кабелей следует учитывать существенную разницу между пусковым и номинальным токами (2 – 4 раза), что должно быть учтено при выборе пускорегулирующей аппаратуры и указано в сопроводительной документации на систему. Саморегулирующиеся кабели дороже резистивных, однако, при разумном проектировании стоимость антиобледенительных систем кровли на их основе превышает стоимость систем на резистивных кабелях лишь на 25 – 40%, поскольку необходимо меньше питающих кабелей и весьма экономно используется греющий кабель. Кроме того, эти системы более надежны и экономичны.



Рисунок 3.2-Конструкция саморегулирующегося нагревательного кабеля: 1-токопроводящие жилы; 2-полимерная матрица; 3-изоляция; 4-экранирующая оплетка; 5-оболочка

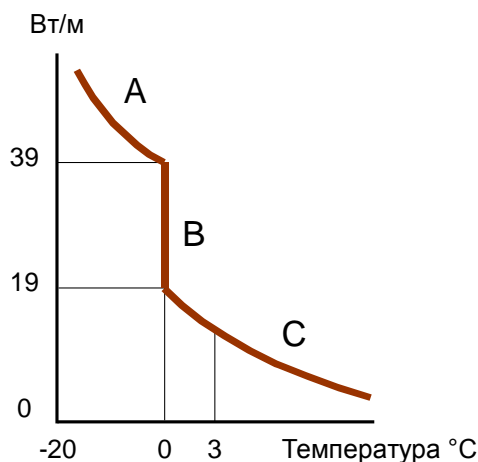


Рисунок 3.3-Температурная характеристика саморегулирующегося нагревательного кабеля GTe, работающего в системе снеготаяния на кровле:

**A** – в снегу или талой воде нагревательный кабель будет работать с полной теплоотдачей

**B** – снег начинает таять, талая вода сходит, нагревательный кабель саморегулируется до половинной мощности по мере высыхания

**C** – при потеплении нагревательный кабель еще уменьшает свое тепловыделение

### 3.3 Зональные (используются редко).

Тепловыделяющий элемент – спирально наложенная на две изолированные токопроводящие жилы проволока из сплава высокого сопротивления. Шаг соединения спирали с токопроводящими жилами (зоны) – примерно 1м. Удельное тепловыделение – от 15 до 70 Вт/м, жестко фиксировано и не зависит от внешних условий. Запитываются с одного конца. Используются отрезками, кратными длине зоны.

#### 3.3.1 Особенности применения.

Зональные кабели во многом подобны резистивным, но имеют одно из преимуществ саморегулирующихся – их можно резать непосредственно на объекте. Одно из немногих целесообразных применений зональных кабелей на кровлях – использование их в длинных и сверхдлинных водостоках (40м и более) большого диаметра (200мм и более), а также в системах, где по условиям необходимо абсолютное отсутствие наледи. В этих случаях жесткая характеристика зонального кабеля становится его достоинством.

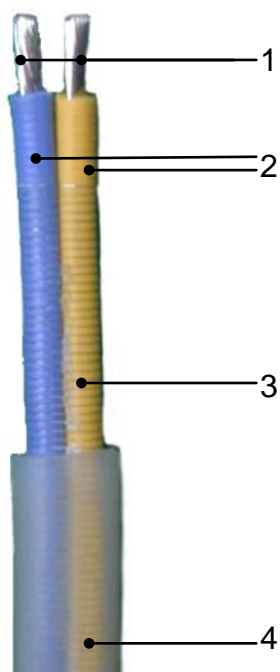


Рисунок 3.3-Конструкция зонального нагревательного кабеля:  
1-токопроводящие жилы; 2-изоляция;  
3-нагревательный элемент; 4-оболочка

### 3.4 Бронированные

Тепловыделяющий элемент – металлическая жила. Имеет броню из стальных проволок, которая обеспечивает надежную механическую защиту кабеля и повышенную линейную мощность. Бронированные нагревательные кабели по своим характеристикам близки к резистивным кабелям постоянной мощности.

#### 3.4.1 Особенности применения.

Бронированный кабель имеет преимущественное применение там, где в процессе монтажа и эксплуатации возможны значительные механические воздействия, такие как ударные, крутящие, растягивающие, сжимающие. За счет значительной массы металлической брони, небольшого термического сопротивления и повышенной теплостойкости изоляции кабели обладают устойчивостью к тепловым перегрузкам.

Бронированные секции постоянной мощности (со средней линейной мощностью 30 Вт/м) используются для обогрева длинных и линейных по форме лотков, желобов, водосточных труб, капельников, в процессе эксплуатации которых возможны значительные механические воздействия на нагревательные секции.

Бронированные секции постоянной мощности (со средней линейной мощностью 40 Вт/м) используются при обогреве плоских кровель и лотков, когда есть возможность залить секции в стяжку.

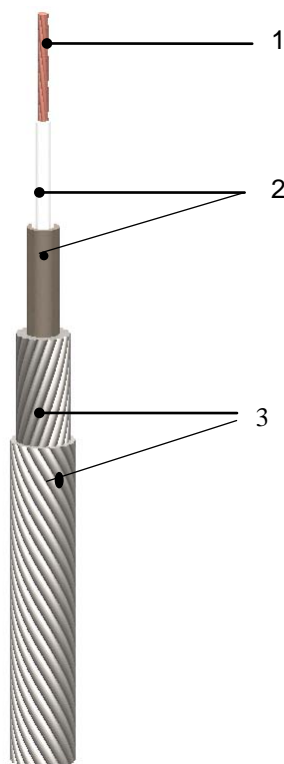


Рисунок 3.1- Конструкция бронированного нагревательного кабеля:

1-нагревательная жила; 2-изоляция; 3-повив брони из стальных оцинкованных проволок;

## 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОВОЙ МОЩНОСТИ ГРЕЮЩЕЙ ЧАСТИ АНТИОБЛЕДЕНИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

### 4.1 Типовые обогреваемые зоны.

К типовым обогреваемым зонам кровли относятся:

- водосточные трубы на всю длину;
- водосточные желоба и лотки;
- водосточные воронки и зоны вокруг них площадью около  $0,5 \text{ м}^2$ ;
- узлы входа желобов в водосточные трубы;
- ендовы (линии стыка плоскостей крыш), другие примыкания к плоскости кровли;
- водометы и водометные окна в парапетах;
- карнизы крыш;
- капельники;
- поверхности плоских крыш и бетонных водосточных лотков;
- дренажные и водосборные лотки в грунте под водосточными трубами.

4.2 Обогреваемые зоны для конкретной кровли определяются на самом начальном этапе проектирования, исходя из требований заказчика, анализа процессов льдообразования на кровле и в системе водостоков, имеющегося опыта проектирования подобных антиобледенительных систем. Оценивается возможность срыва с поверхности крыши ледяных глыб и сосулек, сползания сугробов снега, намечаются решения по их предупреждению, установки элементов снегозадержания, работающих согласованно с системой антиобледенения.

4.3 Мощность, необходимая для прогрева участков кровли и водостоков, определяется исходя из климатических условий данной местности, типа кровли (“холодная” или “теплая”), материала кровли, высоты здания, ориентации скатов кровли по сторонам света, уклона кровли, длины и диаметра водосточных труб, длины и размера лотков, желобов.

4.4 Существуют границы установленных мощностей греющей части антиобледенительной системы, определенные на основании практики:

4.4.1 Водосточные трубы-удельная мощность обогрева водосточных труб должна составлять от 40 до 60-70 Вт на погонный метр водостока в зависимости от его длины и диаметра. Особенно эффективно применение саморегулирующихся кабелей, способных увеличить теплоотдачу при наличии талой воды в 1,6...1,8 раза.

4.4.2 Водосборные желоба и лотки- линейная номинальная мощность обогрева желобов зависит от площади водосбора, лежащей выше желобов (лотков) и может нормироваться через площадь водосбора, приходящуюся на 1 м желоба (лотка). При площади водосбора до  $5 \text{ м}^2$  мощность обогрева может не превышать 35 Вт на погонный метр лотка, увеличиваясь до 60 Вт/м при площади водосбора  $25 \text{ м}^2$  и более.

4.4.3 Ендовы рекомендуется обогревать не менее, чем на  $2/3$  их длины. Как правило, обогрев ендов обычно объединяется с обогревом лотков или желобов и выполняется в 2 или 4 нитки тем же кабелем, который используется для обогрева лотков и желобов.

4.4.4 Примыкания кровли к вертикальным стенам. Обогрев рекомендуется выполнять 2...4 нитками нагревательного кабеля с погонной мощностью 25...30 Вт/м.

4.4.5 Водометы в парапетах. Рекомендуется обогревать дно водомета и площадку перед водометом не менее  $0,5 \text{ м}^2$ , исходя из мощности 300 Вт/м<sup>2</sup>.

4.4.6 Водоприемные воронки. Нагревательный кабель укладывается по внутренней поверхности воронки с расчетом\_обеспечить мощность обогрева 30...50 Вт.

4.4.7 Плоские кровли рекомендуется обогревать исходя из удельной мощности 250...350 Вт/м<sup>2</sup>. Большие мощности относятся к кровлям, на которых могут быть большие заносы.

4.4.8 Карнизы. Для удаления снега на карнизах нагревательный кабель укладывается или вдоль карниза (при ширине карниза до 300 мм) или по всей площади “змейкой”. Рекомендуемая мощность – 250...300 Вт/м<sup>2</sup>.

4.4.9 Капельники в зависимости от конструкции самого капельника обогреваются в одну или две нитки кабелем с погонной мощностью 25...30 Вт/м.

4.5 Несоблюдение этих норм приводит к неработоспособности системы, а значительное превышение - к перерасходу электрической энергии без какого-либо улучшения работы системы.

## 5. РАЗМЕЩЕНИЕ НАГРЕВАТЕЛЬНОГО КАБЕЛЯ НА ТИПОВЫХ ОБОГРЕВАЕМЫХ ЗОНАХ

### 5.1 Водосточные трубы.

5.1.1 В зависимости от диаметра водосточной трубы и удельной мощности нагревательного кабеля последний может располагаться в трубе в одну или в две нитки.

5.1.2 При помощи специальных зажимов кабель крепится к поддерживающему тросу диаметром 2...3 мм. При установке двух ниток кабеля используются зажимы, препятствующие схождению ниток (что особенно важно при использовании резистивного кабеля).

5.1.3 В местах перехода нагревательного кабеля из лотка (желоба) в трубу применяются специальные накладки и скобы, обеспечивающие необходимые радиусы изгиба кабеля.

5.1.4 Базовые конструктивные решения для размещения нагревательного кабеля на типовых обогреваемых зонах:

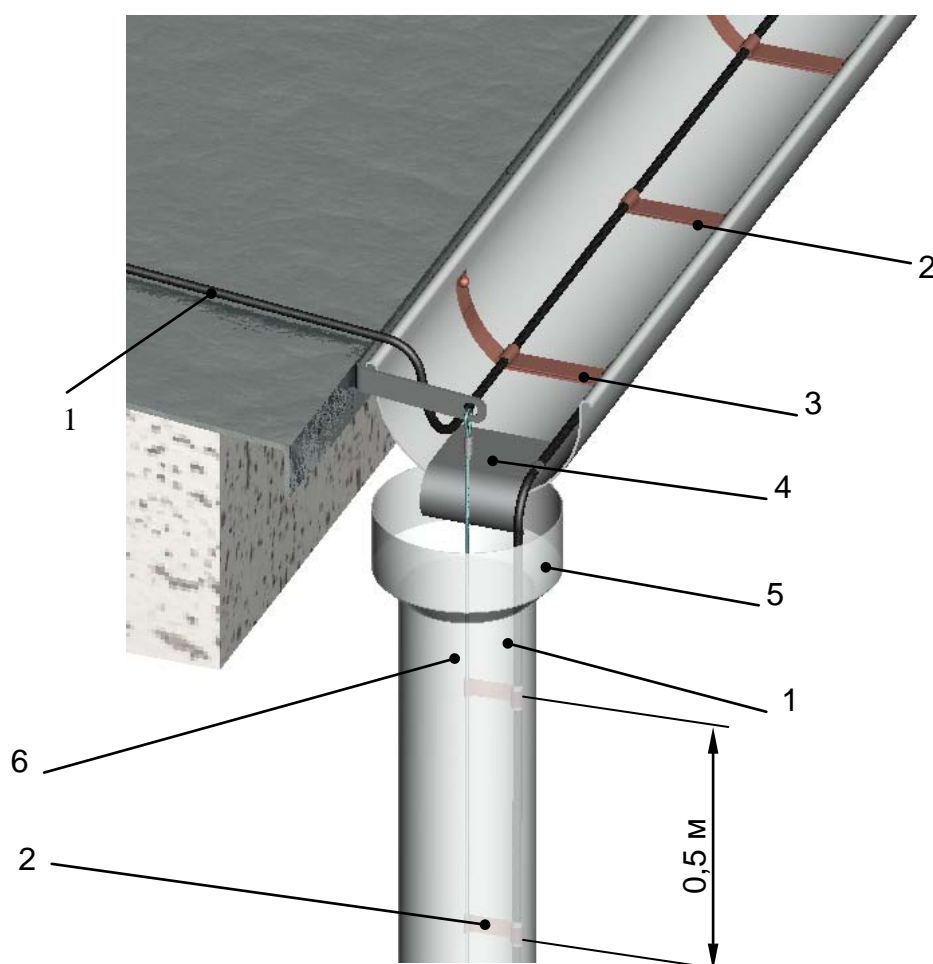


Рисунок 5.1- Крепление одной нитки нагревательного кабеля в водосточной трубе с переходом на лоток. Водосточная труба является оконечной в системе лоток-труба. Поддерживающий трос крепится к элементу конструкции кровли. Накладка исключает излом кабеля в месте его перехода из лотка в водосточную трубу.

1-нагревательный кабель; 2-зажим; 3-полоса, зажим, заклепка; 4-накладка, зажим, заклепка; 5-водосточная труба; 6-трос

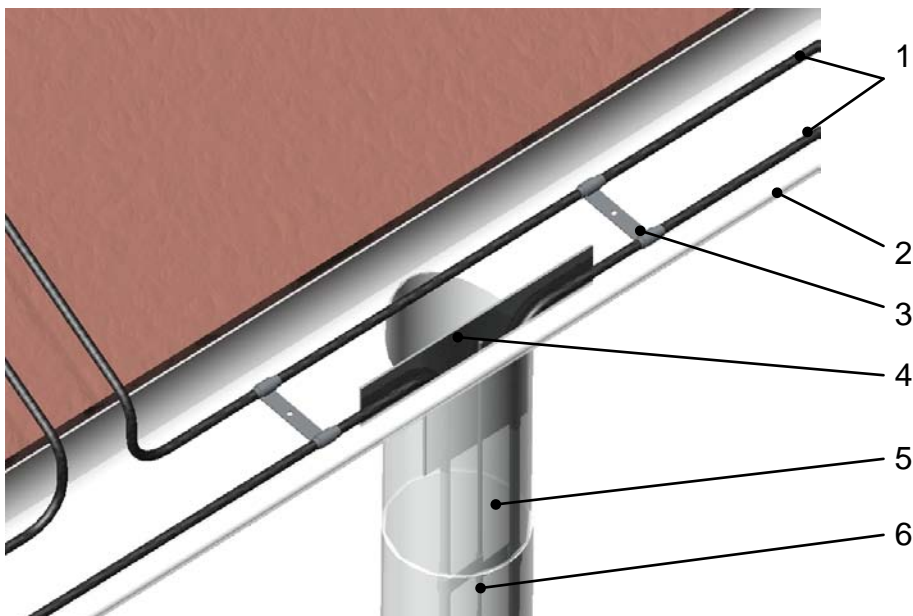


Рисунок 5.2- Крепление двух ниток нагревательного кабеля в водосточной трубе с переходом на лоток. Водосточная труба является промежуточной в системе лоток-труба. Поддерживающий трос крепится к элементу конструкции кровли. Т-образный кронштейн исключает излом кабеля в месте его перехода из лотка в водосточную трубу и обратно.

1-нагревательный кабель; 2-лоток; 3-зажим; 4-кронштейн; 5-водосточная труба; 6-трос

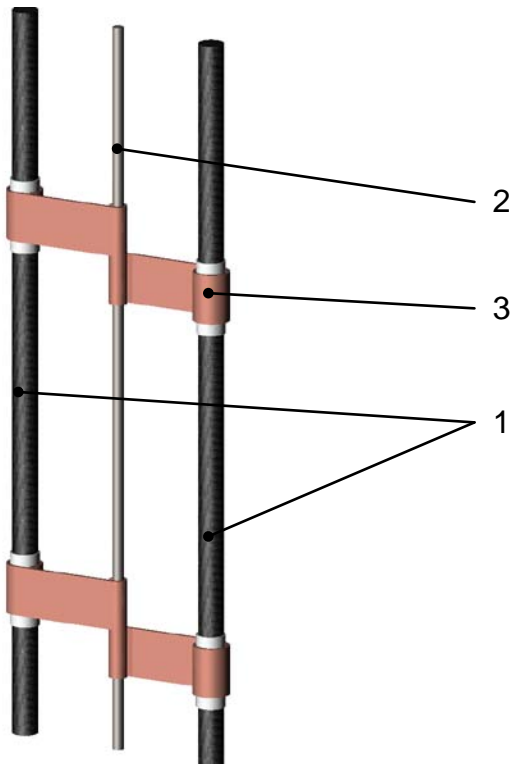


Рисунок 5.3-Фрагмент крепления двух ниток нагревательного кабеля в водосточной трубе. Двойной зажим исключает схождение ниток кабеля, соединяет их с поддерживающим тросом.

1-нагревательный кабель; 2-трос; 3-зажим

*Примечание.* 1. При длине трубы менее 5м можно не использовать поддерживающий трос.  
2. Если материал трубы медь – применять трос в полиэтиленовой оболочке.

5.1.5 В нижней части водосточной трубы нагревательный кабель заканчивается петлей, закрепленной зажимом на обрезе трубы.

5.1.6 При диаметре трубы более 100 мм кабель необходимо раскреплять спирально или змейкой. Это позволяет увеличить прогрев, исключить нарастание наледи, закупорку трубы.

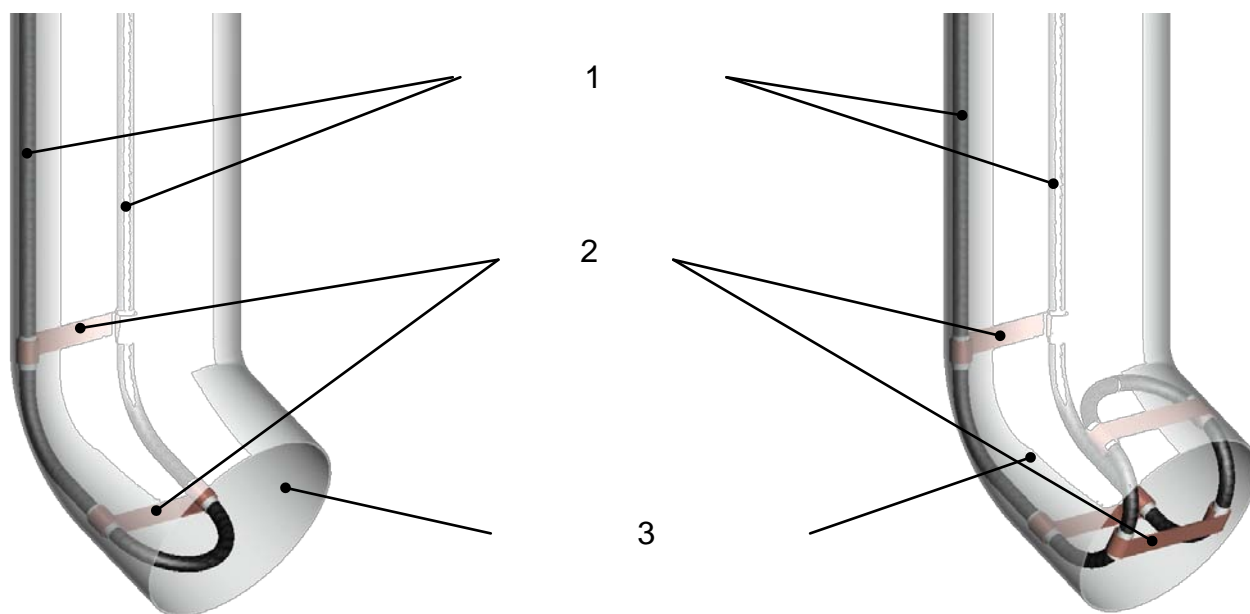


Рисунок 5.4-Крепление петли нагревательного кабеля в нижней части водосточной трубы.  
1-нагревательный кабель; 2-зажим; 3-водосточная труба

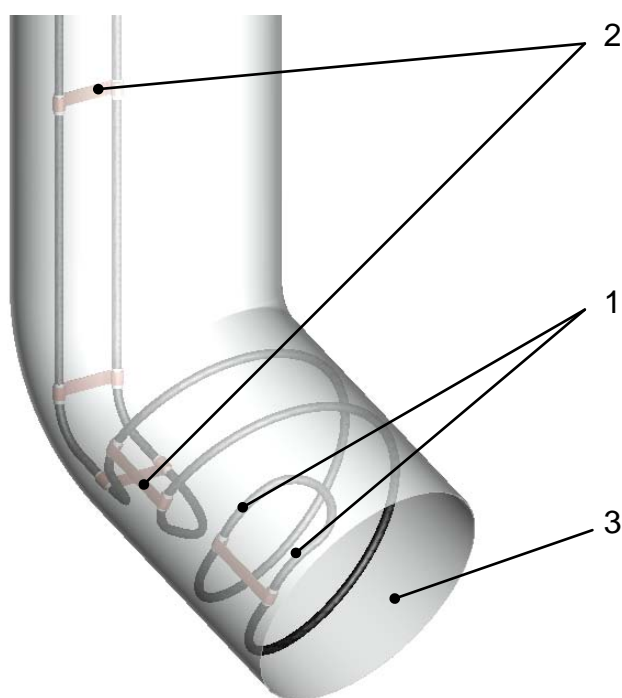


Рисунок 5.5-Крепление нагревательного кабеля внизу водосточной трубы по спирали.  
1-нагревательный кабель; 2-зажим; 3-водосточная труба.

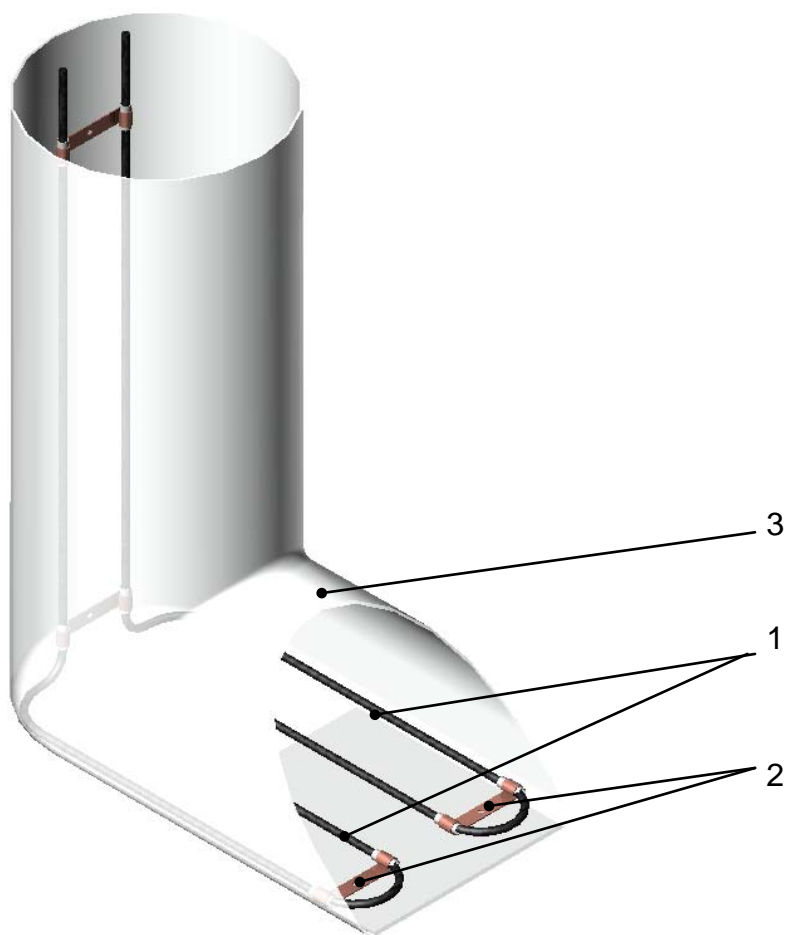


Рисунок 5.6-Крепление нагревательного кабеля внизу водосточной трубы змейкой.  
1-нагревательный кабель; 2-зажим; 3-водосточная труба.

## 5.2 Водосточные желоба и лотки.

5.2.1 Если над желобом или лотком площадь водосбора небольшая (до 5 м<sup>2</sup>), нагревательный кабель может устанавливаться в одну нитку, обеспечивая мощность обогрева 20...30 Вт на погонный метр лотка (желоба). При большей площади водосбора кабель устанавливается в 2 нитки, а при значительных площадях и размерах лотков (желобов) – в 4 или 6 ниток.

5.2.2 Крепления для нагревательного кабеля предназначены для фиксации кабеля в нижней части лотка (желоба), а при установке двух и более ниток кабеля – для равномерного раскрепления ниток между собой (расстояние обычно принимается равным 5...8 см).

При существующем разнообразии водосточных систем крепежные элементы приходится видоизменять, приспособивая их под ту или иную форму лотка (желоба). Ниже приведено несколько типовых узлов, поясняющих основные принципы монтажа нагревательного кабеля в лотках (желобах):

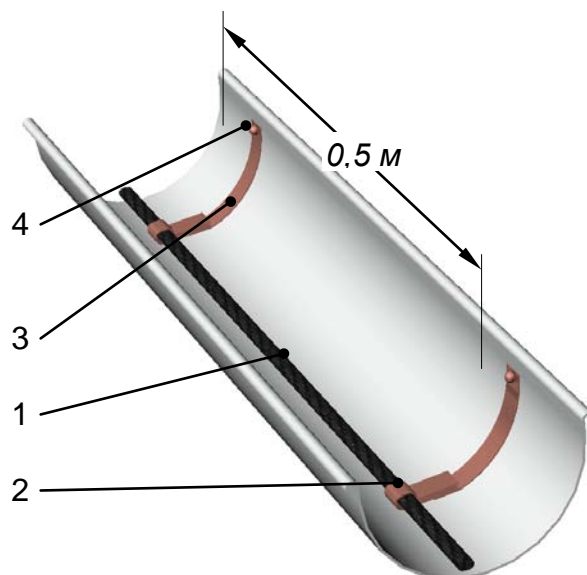


Рисунок 5.7-Крепление одной нитки нагревательного кабеля в полукруглых подвесных лотках.

1-нагревательный кабель; 2-зажим; 3-полоса; 4-заклепка.

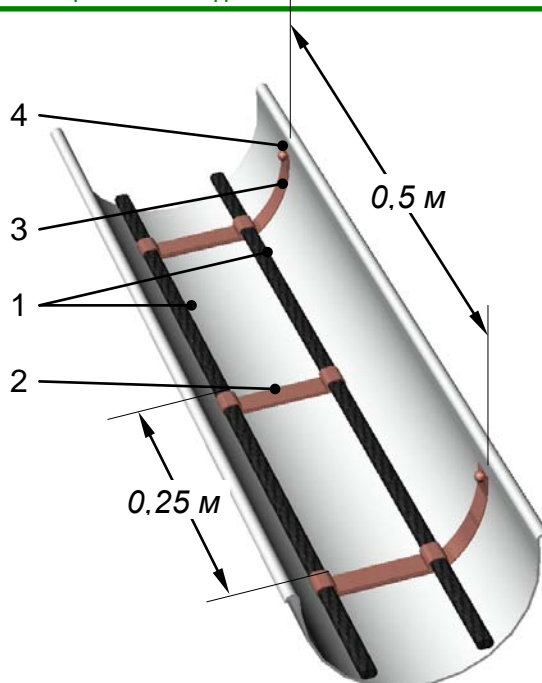


Рисунок 5.8-Крепление двух ниток нагревательного кабеля в полукруглых подвесных лотках.

1-нагревательный кабель; 2-зажим; 3-полоса; 4-заклепка.

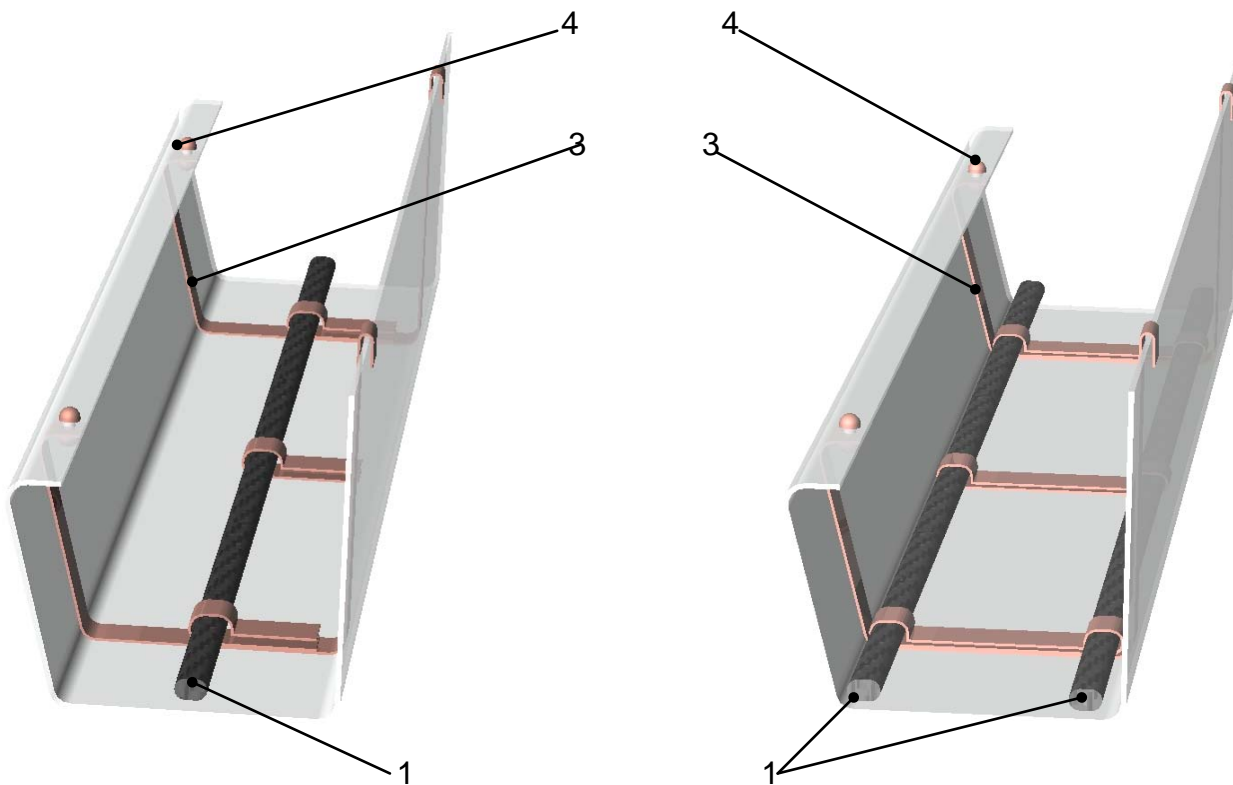


Рисунок 5.9-Крепление нагревательного кабеля в прямоугольных подвесных лотках.  
1-нагревательный кабель; 2-зажим; 3-полоса; 4-заклепка.

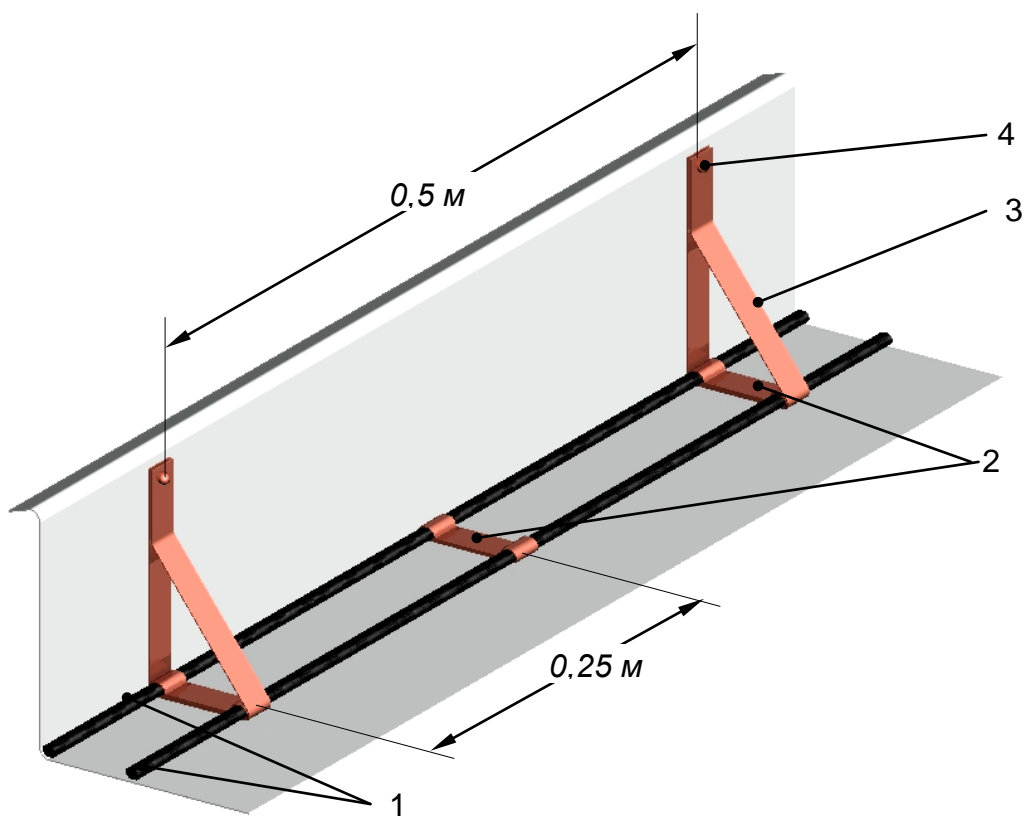


Рисунок 5.10-Крепление двух ниток нагревательного кабеля в желобе.  
1-нагревательный кабель; 2-зажим; 3-полоса; 4-заклепка.

### 5.3 Водосточные воронки на плоских кровлях

5.3.1 Как правило, на плоских кровлях водосточные воронки переходят во внутренние водосточные трубы, не испытывающие воздействия отрицательных температур. Нагревательный кабель укладывается на плоской части кровли вокруг воронки, охватывая зону около  $0,5 \text{ м}^2$ , переходит в воронку и далее заходит в водосточную трубу. Глубина захода определяется температурой воздуха в помещении, расположенного ниже. В некоторых случаях для прогрева воронки используются каркасы, близкие по форме к форме воронки. Нагревательный кабель крепится сначала к каркасу, а затем каркас опускается в воронку

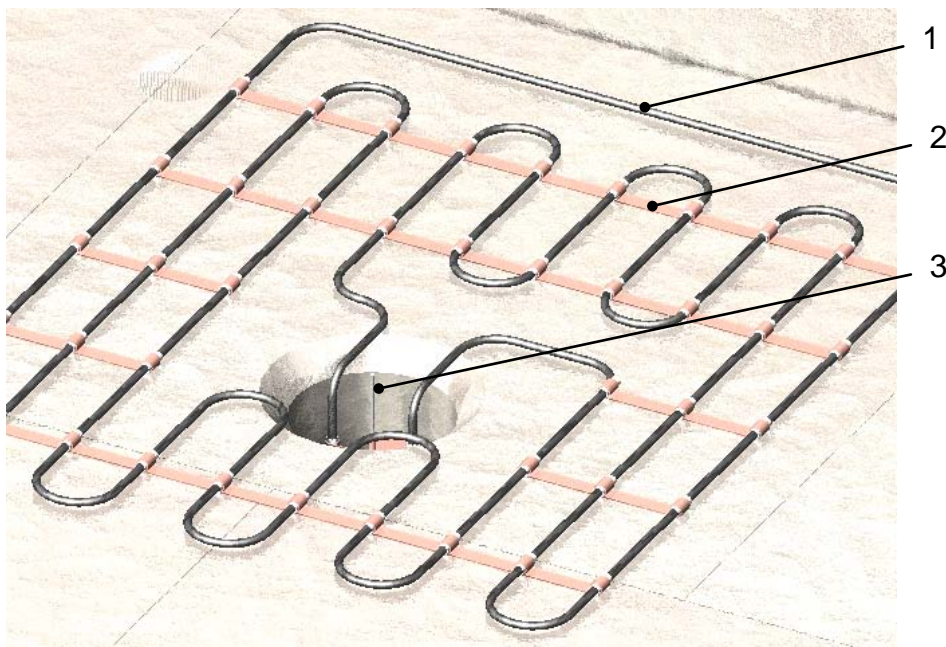


Рисунок 5.11 Установка нагревательного кабеля на плоской кровле вокруг воронки.  
1-нагревательный кабель; 2-монтажная лента; 3-водосточная воронка



Рисунок 5.12.-Крепление одной нитки саморегулирующегося кабеля сверху водосточной воронки на плоской кровле.

1-нагревательный кабель; 2-проволочный каркас

#### 5.4 Ендовы

5.4.1 Нагревательный кабель в ендовах укладывается линиями вдоль ендовы. Количество ниток определяется, исходя из геометрии и конструкции ендовы и обычно составляет 2...4 нитки. Ендовы рекомендуется прогревать не менее чем на 2/3 их длины. Недопустимо зажимы, раскрепляющие нагревательный кабель, устанавливать непосредственно в ендове из-за большой вероятности нарушить герметичность покрытия. Сначала устанавливаются накладки, имеющие точки крепления вне ендовы, а затем к накладкам крепятся зажимы. Зажимы можно крепить и к тросу, натянутому вдоль ендовы и закрепленному в ее верхней и нижней точках.

5.4.2 Рекомендуется ендове и лотки, находящиеся ниже, прогревать одним кабелем.

5.4.3 В верхней точке нагревательный кабель защищается кожухом, предотвращающим срыв кабеля при сходе снега, льда.

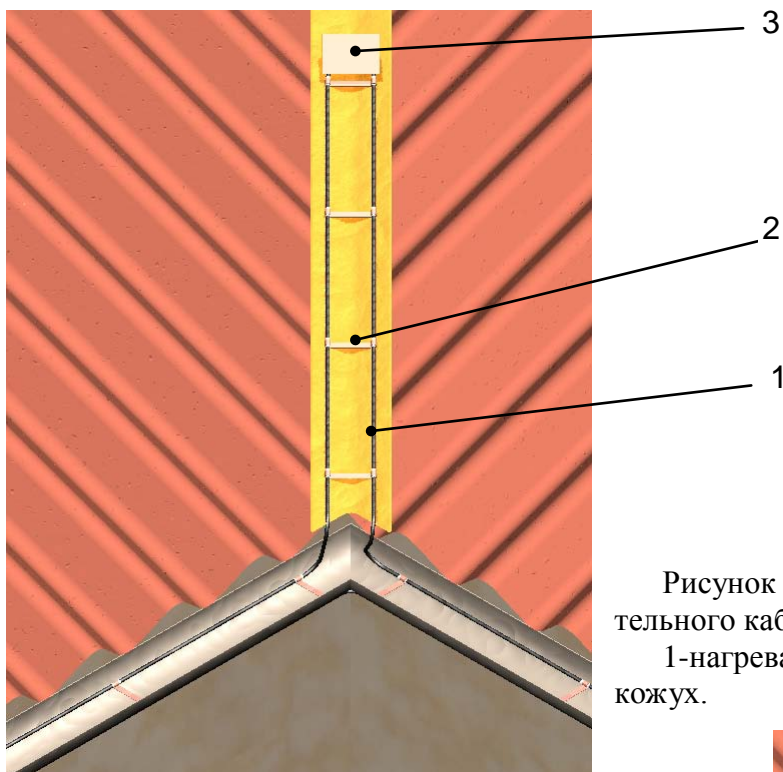


Рисунок 5.13-Крепление двух ниток нагревательного кабеля в ендове.

1-нагревательный кабель; 2-зажим; 3-защитный кожух.

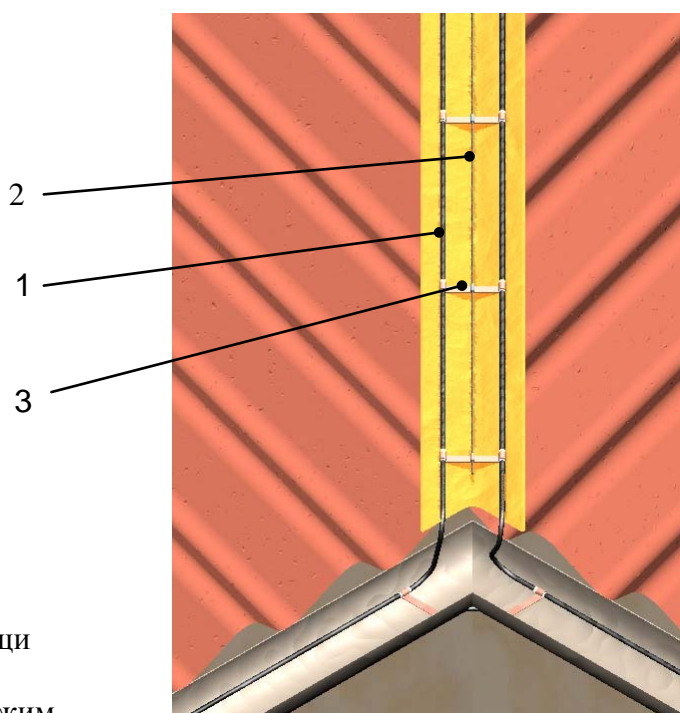


Рисунок-5.14. Крепление двух ниток нагревательного кабеля в ендове при помощи тросовой растяжки.

1-нагревательный кабель; 2-трос; 3-зажим

### 5.5 Водометы и водометные окна в парапетах

5.5.1 Как правило, прогрева требуют и желоба, образованные на стыке ската кровли и парапета, и водометные окна. Эффект будет максимальным, если зона прогрева будет неразрывной: желоб под парапетом, водометные окна, вход в водосборную воронку, водосточная труба.

5.5.2 Крепления должны быть выполнены таким образом, чтобы сходящий со ската к парапету снег (лед) не подорвал нагревательный кабель.

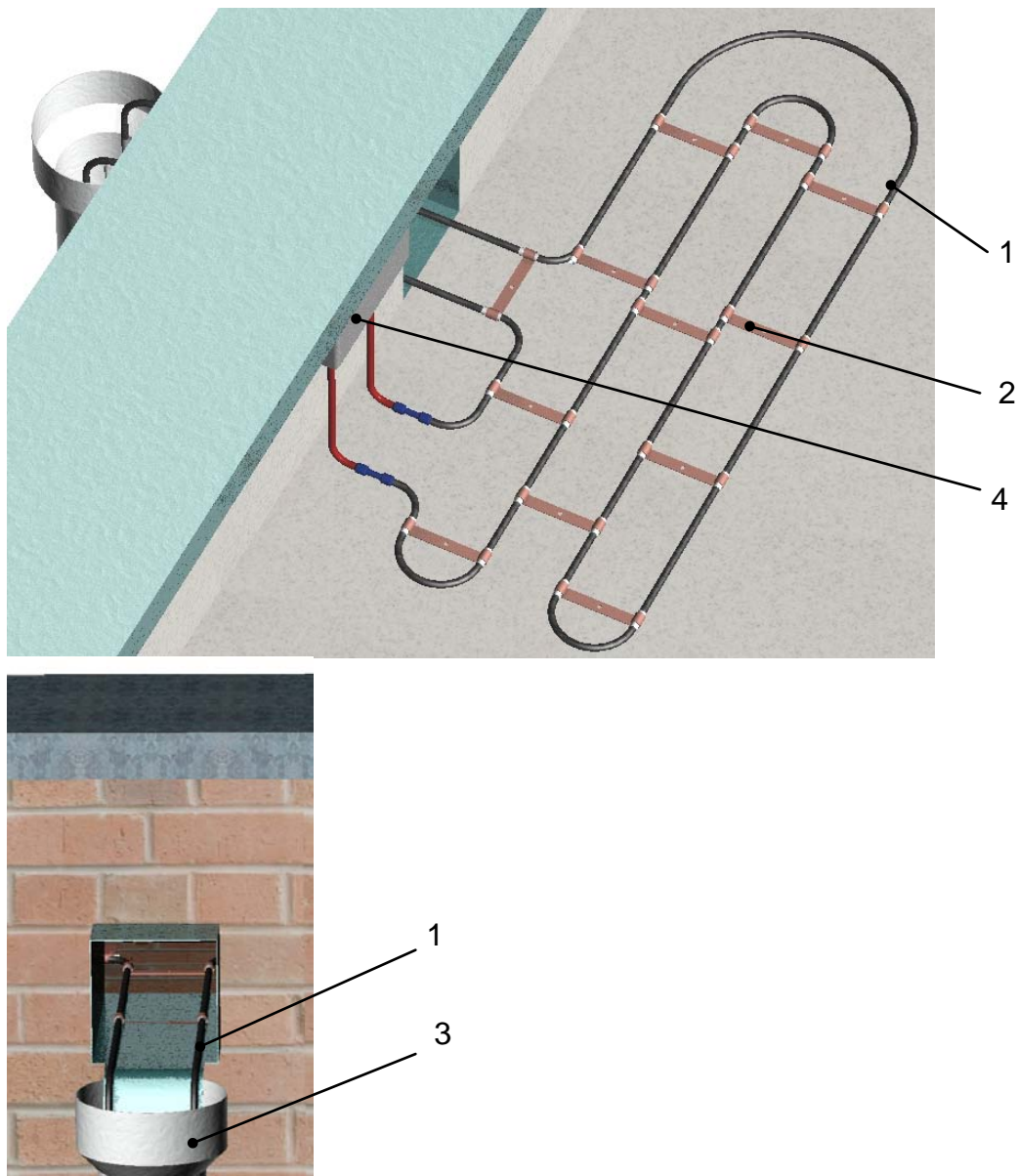


Рисунок 5.15-Установка нагревательного кабеля под парапетом и в водометных окнах. 1-нагревательный кабель; 2-зажим; 3-водосточная труба; 4-клеммная коробка.

## 5.6 Край кровли

### 5.6.1 Выбор схемы прогрева.

Выбор схемы прогрева края кровли наиболее сложен. Трудности связаны с тем, что необходимо в комплексе учитывать следующие факторы:

#### 5.6.1.1 Разнообразие кровельных материалов.

Обладающие различной шероховатостью, разные по сути (мягкая кровля, черепица, листовое железо и т.д.) кровельные материалы по разному удерживают снег на поверхности кровли, по разному нагреваются теплом подкрышного пространства и солнечным теплом.

Кровельный материал может диктовать геометрию укладки нагревательного кабеля на кровле, потребовать создания новых крепежных элементов.

#### 5.6.1.2 Разные углы наклона кровель.

Весной или при зимней оттепели с расположенных выше не обогреваемых участков кровли возможен сход слежавшихся пластов снега. Вероятность этого особенно велика при углах наклона кровли от 10 до 35 (при меньших углах снежно-ледовая лавина не развивается, при больших снег не держится на склоне и значительные массы не могут появиться). При высокой вероятности схода снега необходимы мероприятия по защите как нагревательного кабеля, так и крепежных элементов. Защита нагревательного кабеля в случае схода лавины может быть выполнена либо в виде мощного снегоотбойника, установленного несколько выше петель кабеля, либо в виде защитного козырька, закрывающего петли кабеля в верхних точках.

#### 5.6.1.3 Наличие снегозадерживающих устройств.

#### 5.6.1.4 Температура в подкрышном пространстве, качество теплоизоляции кровли.

### 5.6.2 Типовые схемы установки нагревательного кабеля на краю кровли.

5.6.2.1 Кровельный материал – оцинкованное железо, медь. Покрытие может быть комбинированным: основное – шифер, черепица, мягкая кровля, в нижней части – листовый металл, из которого выполнены отливы и желоба. Желоба обеспечивают водосбор и отвод воды в воронки.

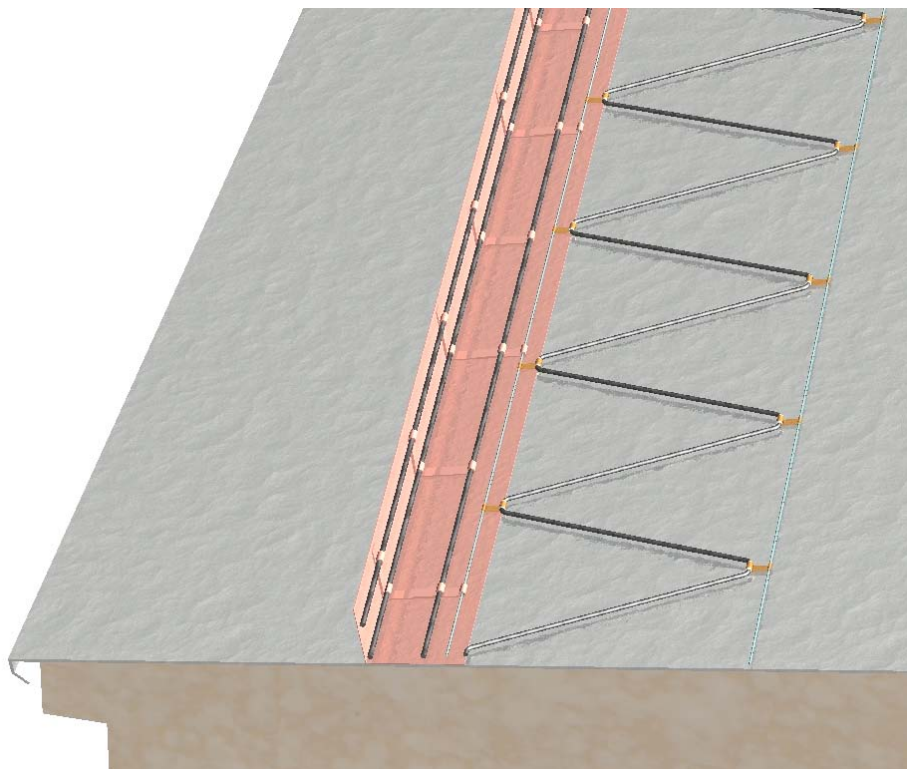


Рисунок 5.16-Фрагмент кровли с установленным обогревом. Особенностью, определившей выбор схемы прогрева, является значительная площадь водосбора над желобом, малый уклон.

5.6.2.2 Материал кровли и исполнение как в случае 5.6.2.1. Отличие: площадь водосбора над желобом меньше, угол наклона кровли больше.

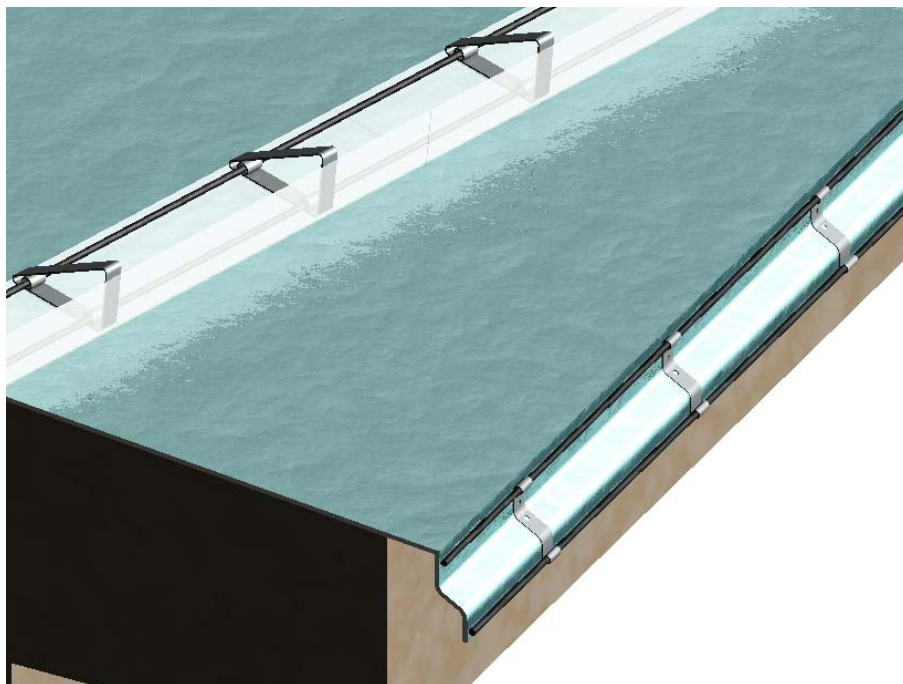


Рисунок 5.17-Фрагмент кровли с установленным обогревом. Дополнительно решается задача прогрева капельника одной или двумя нитками нагревательного кабеля.

5.6.2.3 Материал кровли и исполнение как в случае 5.6.2.1. Отличие: значительная площадь карниза, расположенного ниже желоба.

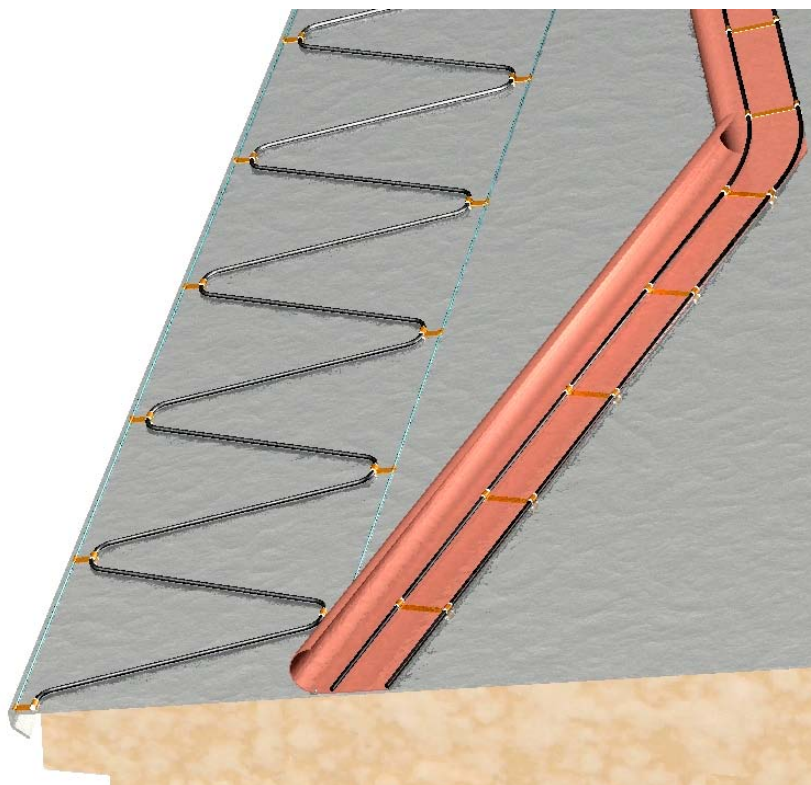


Рисунок 5.18- Фрагмент кровли с установленным обогревом.

5.6.2.4 Материал кровли – черепица, металлочерепица, мягкая кровля. Водосточная система выполнена из ПВХ или металла. Как правило, нагревательный кабель укладывается по краю кровли “змейкой”. Ее высота обычно принимается равной 300...400 мм, шаг укладки – 200...400 мм.

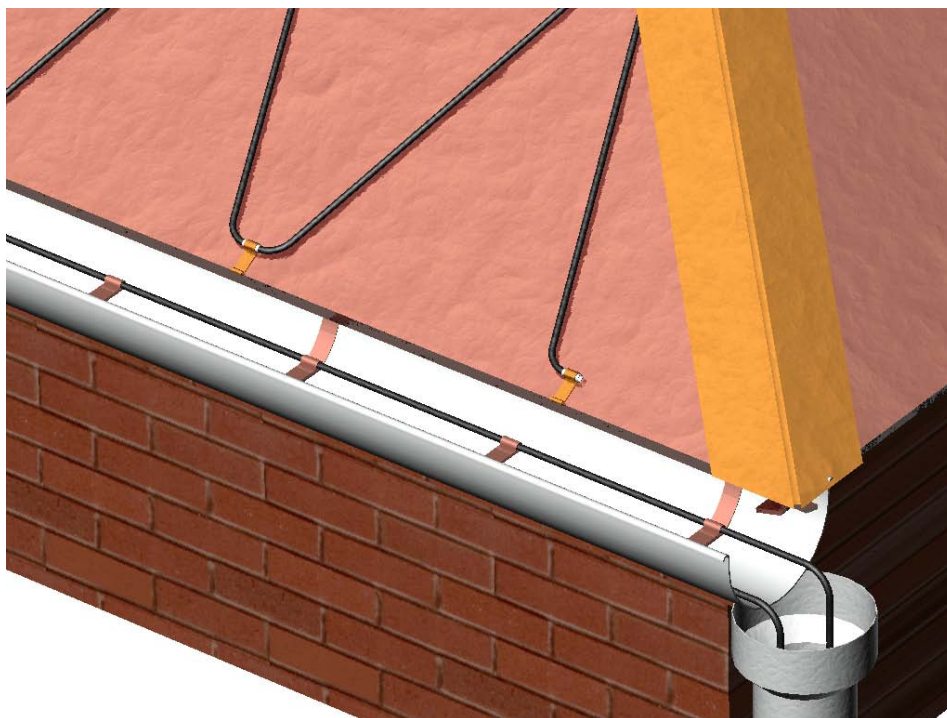


Рисунок 5.19- Фрагмент кровли с установленным обогревом.

## 4. ТИПЫ РЕГУЛЯТОРОВ

4.1 Алгоритм управления антиобледенительной системой кровли независимо от применяемой аппаратуры должен соответствовать физическим процессам образования наледи на кровле. Поэтому выбор аппаратуры определяется, прежде всего, ее соответствием физическим процессам, возможностью ее настройки на особенности конкретного здания и климатической зоны, надежностью и ценой.

4.2 Регуляторы для антиобледенительных систем кровель делятся на два типа:

- регуляторы, контролирующие только температуру наружного воздуха.
- регуляторы, контролирующие как температуру наружного воздуха, так и наличие осадков (а иногда и талой воды в лотках и трубах).

Регуляторы первого типа оснащены только датчиком температуры наружного воздуха. Прибор постоянно контролирует температуру при помощи внешнего датчика. При попадании текущего значения температуры в установленный диапазон, регулятор включает антиобледенительную систему. При выходе за пределы регулирования температуры, прибор блокирует цепь включения обогрева. Это связано с тем, что при температурах выше  $+5^{\circ}\text{C}$  и ниже  $-15^{\circ}\text{C}$  наледь не образуется. Кроме того, при температурах ниже  $-15^{\circ}\text{C}$  установленной мощности нагревательных секций может не хватить для полного превращения атмосферных осадков в воду, а частичное их подтапливание при низких температурах может привести к образованию наледи.

Примером регулятора данного типа может служить регулятор, производимый датской фирмой “OJ ELECTRONICS”:

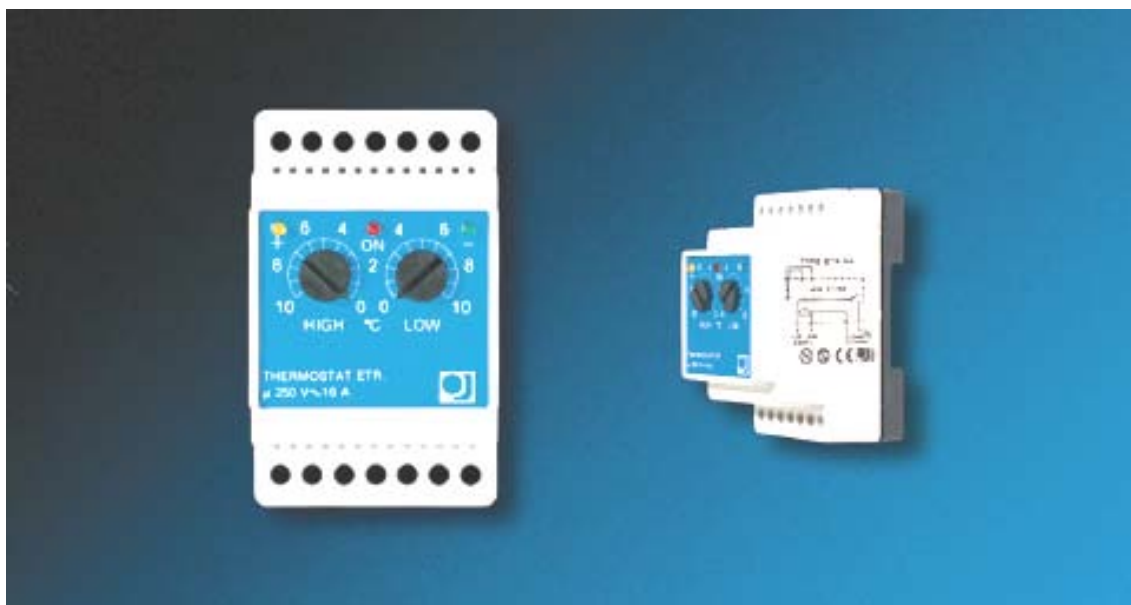


Рисунок 4.1 Регулятор. Задатчики температуры на лицевой панели регулятора позволяют выставлять диапазон включения системы ( $-10\dots+10^{\circ}\text{C}$ ). Светодиодные индикаторы позволяют производить точную настройку срабатывания системы.

Регуляторы второго типа оснащены датчиками температуры и влажности. Эти приборы по сути являются миниметеостанцией, точно определяющей момент включения-выключения системы в зависимости от погодных условий. Кроме того, они могут учитывать конструкцию системы водостоков, производя раздельное включение-отключение обогрева кровли, водосточных лотков и труб.

Такой регулятор можно дополнительно оснастить датчиком талой воды, что сделает очистку лотков и труб от наледи еще эффективнее – они будут прогреваться до пропадания сигнала с датчика талой воды.

Примером регулятора данного типа может служить регулятор, производимый датской фирмой “OJ ELECTRONICS”:



Рисунок 4.2 Регулятор

Регулятор данного типа включает систему при одновременном поступлении сигналов от датчиков температуры и осадков. Позволяет производить принудительное (в том числе дистанционное) включение системы снеготаяния на время от 1 до 6 часов.



Рисунок 4.3 Датчик температуры наружного воздуха.



Рисунок 4.4 Датчик влажности (осадков).

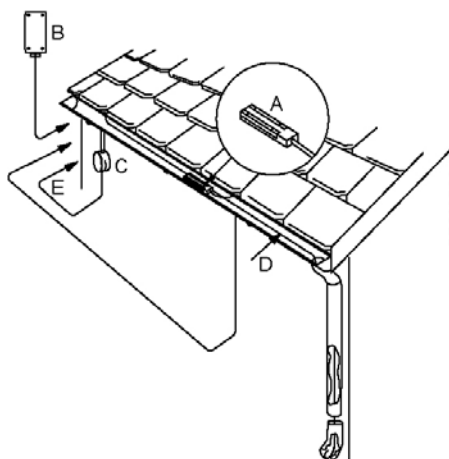


Рисунок 4.3 Установка датчиков на кровле

Безусловно, регуляторы второго типа работают эффективнее, позволяют тратить ровно столько электроэнергии, сколько это необходимо для очистки поверхности кровли и водосточных труб от талой воды. Но для простых антиобледенительных систем, для несложных водостоков может оказаться целесообразным применение регуляторов первого типа (как более дешевых).

## 5. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

5.1 Проектирование системы состоит из нескольких этапов:

- получение от заказчика чертежей зданий и сооружений с обозначением обогреваемых участков крыши и водостоков, с указанием конкретного назначения проектируемой системы обогрева.
- фотосъемка и измерение отдельных фрагментов обогреваемых участков кровли.
- классификация этих участков с последующим выделением характерных зон и опасных (с точки зрения накопления снега и образования льда) мест.
- определяются высота здания, длина, высота и ширина крыши, уклон кровли, длина и диаметр водосточных труб, длина и размеры лотков, желобов.
- разрабатывается техническое задание на проектирование, в котором, исходя из имеющегося опыта и рекомендаций, определяются обогреваемые зоны кровли, задаются удельные мощности обогрева всех узлов системы; количество ниток и тип нагревательного кабеля, при необходимости уточняется алгоритм работы системы.
- рассчитывается потребное количество нагревательного кабеля и общая электрическая мощность системы.
- оценивается возможность срыва с поверхности крыши ледяных глыб и сосулек, сползания сугробов снега, намечаются решения по их предупреждению, установки элементов снегозадержания, работающих согласованно с системой антиобледенения.
- определяются тип, количество и параметры нагревательного кабеля и предварительные схемы его раскладки. Уточняются мощностные параметры системы обогрева в целом. Выбираются крепежные элементы.
- вычерчиваются схемы раскладки нагревательного кабеля.
- проектируется силовая питающая сеть и система управления с учетом требований фазирования.
- выпускается полный пакет проектной документации, в который входят чертежи раскладки нагревательного кабеля, чертежи прокладки силовой и информационной кабельной сети, схемы подключения нагревательного кабеля, автоматики, паспорт на систему.
- разрабатывается комплект сметной документации, если это предусматривается договором с Заказчиком.

## 6. ТРЕБОВАНИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ МЕР ЗАЩИТЫ ОТ ПОРАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ

6.1 По своему конструктивному исполнению, а также по территориям размещения электроустановки с применением нагревательного кабеля, как правило, предъявляют повышенные требования к обеспечению электробезопасности. С учетом этого данные электроустановки необходимо рассматривать как специальные, на которые должны распространяться дополнительные требования к устройству, монтажу и применению мер защиты от поражения электрическим током.

6.2 При устройстве электрической кабельной системы обогрева должны быть применены следующие общие меры защиты для обеспечения безопасности:

- защита от прямого прикосновения
- защита от косвенного прикосновения
- защита от сверхтока

6.2.1 Защита от прямого прикосновения должна обеспечиваться полным покрытием токоведущих частей изоляцией, которая может быть устранена только разрушением.

6.2.3 Наиболее распространенной в мировой практике мерой защиты от косвенного прикосновения в электрических кабельных системах обогрева является автоматическое отключение питания. Эта защитная мера в большинстве случаев осуществляется с помощью соединения экранной оболочки нагревательного кабеля с нулевым защитным проводником (сеть с системой заземления типа TN-S или TN-C-S), либо с заземляющим проводником (сеть с системой заземления типа TT). Ниже на рисунке приведены схемы подключения ЭКСО к питающей сети с использованием для защиты металлического экрана, а в качестве аппарата, осуществляющего отключение питания, устройства защитного отключения (УЗО), управляемого дифференциальным током со встроенной защитой от сверхтока.

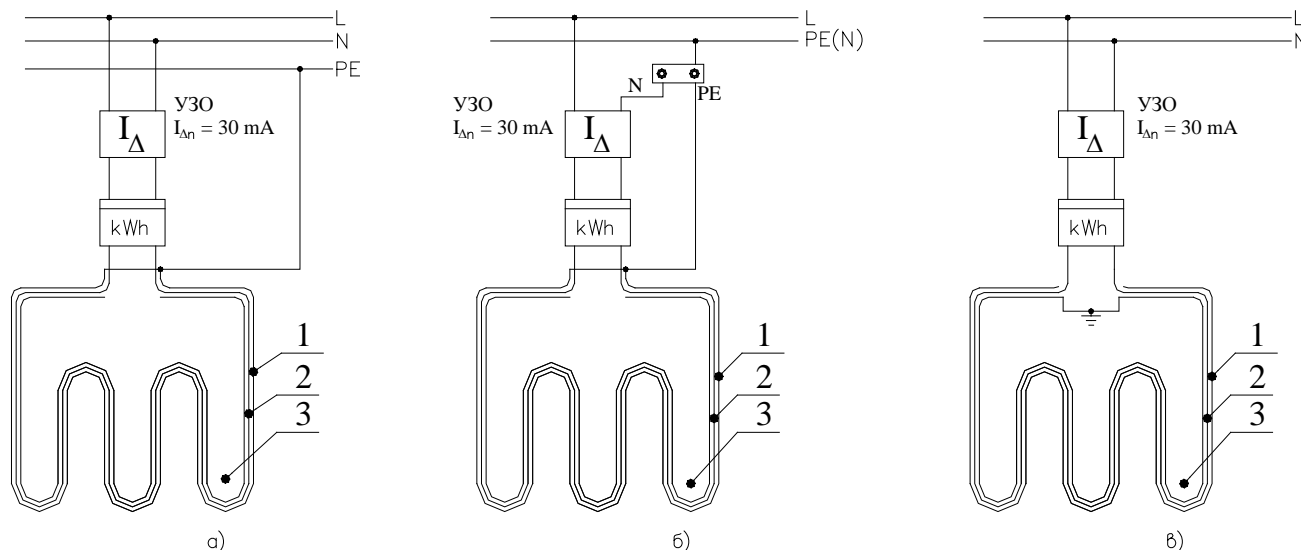


Рисунок 6.1 Примеры схем подключения к питающей сети нагревательного кабеля антиобледенительной системы кровли (датчики и регуляторы температуры в схемах условно не показаны).

а- схема с раздельной работой нулевых рабочего и защитного проводников на всем протяжении сети (система заземления типа TN-S); б - схема с объединением функций нулевых рабочего и защитного проводников в части сети (система заземления типа TN-C-S);

в - схема без защитного проводника с заземлением металлической оболочки (система заземления типа TT);

Обозначения:

1- металлический экран нагревательного кабеля; 2- токоведущий проводник нагревательного кабеля; 3-электронагревательный элемент.

Питающая сеть с системой заземления типа TN-S (рис. а) по сравнению с сетью с системой заземления типа TN-C-S(рис. б) является более дорогостоящей. Однако с точки зрения обеспечения электробезопасности она более эффективна. В сети с системой заземления TN-C-S в нормальном режиме работы из-за неравномерности распределения нагрузок по фазам трехфазной сети на открытых проводящих частях, в данном случае на металлическом экране, практически всегда имеется некоторое напряжение по отношению к земле (хотя обычно и незначительное). Положение осложняется при обрыве PEN-проводника, так как открытые проводящие части всех электроприемников, находящихся за местом обрыва, в этом случае приобретают значительный потенциал относительно земли, вплоть до равного фазному напряжению сети. Особенно опасна такая ситуация при использовании электронагревательных элементов без надежной изоляции, наложенной на металлическую оболочку. Схема питания с применением системы заземления типа TN-S свободна от этих недостатков.

Присоединять к металлическому экрану нулевой рабочий проводник N или PEN, то есть использовать для питания электронагревательных элементов систему заземления типа TN-C не следует, так как при этом усугубляются указанные выше недостатки системы TN-C-S, а, кроме того (и это главное), теряется возможность применения в качестве защиты от косвенного прикосновения УЗО, управляемых дифференциальным током.

6.2.4 В качестве защитных аппаратов кроме УЗО, могут быть использованы автоматические выключатели или предохранители. Однако, в отличие от УЗО, эти устройства не способны удовлетворить требования ГОСТ 30331.3-95 (МЭК 364-4-41-92) в части обеспечения отключения источника питания в установленное время в случае повреждения изоляции, произошедшего не вблизи начала электронагревательного элемента (точки подключения к нему фазного питающего проводника). Более того, если нарушение изоляции произойдет вблизи конца электронагревательного элемента (точки подключения к нему нулевого рабочего проводника) отключение вообще не произойдет. Потому применение защиты от сверхтока с целью обеспечения электробезопасности может быть осуществлено только в сочетании с дополнительным уравниванием потенциалов, выполненным в соответствии с ГОСТ 30331.3-95 (МЭК 364-4-41-92). При этом защита от сверхтока должна обеспечить время отключения источника питания в случае нарушения изоляции в начале электронагревательного элемента, не превышающее указанного в ГОСТ 30331.3-95 (МЭК 364-4-41 -92) максимального значения.

6.2.5 Как нетрудно убедиться, анализируя вышеизложенное, а также отечественный и зарубежный опыт применения кабельных систем обогрева, наиболее простой, а поэтому наиболее распространенной мерой защиты от прямого прикосновения в настоящее время является изоляция токоведущих частей электронагревательных элементов, а защиты от косвенного прикосновения — использование в качестве защитных аппаратов УЗО, управляемых дифференциальным током. Кроме того, использование УЗО является эффективной дополнительной мерой защиты от прямого прикосновения и обеспечивает достаточно высокую степень защиты от возникновения пожаров, обусловленных старением изоляции. Поэтому ниже подробно рассмотрены требования, которые необходимо выполнять при использовании в качестве защитных аппаратов УЗО.

Прежде всего отметим, что характеристики и параметры применяемых УЗО должны соответствовать требованиям международного стандарта МЭК 755-83«Устройства защитные, управляемые дифференциальным (остаточным) током». Кроме того, УЗО должны иметь, как правило, встроенную защиту от сверхтока. Если УЗО не имеет такой встроенной защиты, то перед ним со стороны источника питания следует установить устройство защиты от сверхтока, характеристики которого должны соответствовать требованиям изготовителя УЗО.

В случае последовательной установки УЗО в сети должна быть обеспечена селективность их работы. Это требование удовлетворяется расположением ближе к источнику питания УЗО с органом выдержки времени (тип S), номинальный отключающий дифференциальный ток которого должен не менее, чем в 3 раза превышать значение этого параметра УЗО, установленного ближе к электронагревательным элементам.

К одному УЗО могут быть подключены несколько нагревательных элементов. При этом в цепи каждого из них за УЗО должен быть установлен автоматический выключатель.

Учитывая, что ЭКСО не являются источником пульсирующей и сглаженной постоянной составляющих в дифференциальном токе, в цепях электронагревательных элементов могут быть установлены УЗО с любыми характеристиками в части их классификации по наличию постоянной составляющей дифференциального тока, в том числе и типа А.

Параметры УЗО (номинальное напряжение  $U_n$ , номинальный ток  $I_n$ , номинальный отключающий дифференциальный ток  $I_{\Delta n}$  и т.д.) выбираются по характеристикам электронагревательных элементов ЭКСО, в цепи которых устанавливаются УЗО. Наиболее сложным является выбор номинального отключающего дифференциального тока.

При выборе номинального отключающего дифференциального тока должны быть учтены условия эксплуатации и функционирования отапливаемого объекта, влияющие на электробезопасность ЭКСО. Представляется целесообразным ограничение  $I_{\Delta n}$  УЗО до  $30mA$ .

## 7. ИСПЫТАНИЯ СИСТЕМЫ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ

### 7.1 Приемо-сдаточные испытания.

7.1.1 Проверка непрерывности защитных проводников (проверка целостности цепей заземления). Не должно быть обрывов и неудовлетворительных контактов в проводке, соединяющей металлические оболочки кабелей и все доступные прикосновению открытые и сторонние проводящие части с шиной РЕ группового щитка, от которого осуществляется питание системы.

Рекомендуется выполнять испытания с использованием источника питания, имеющего напряжение холостого хода от 4 до 24 В постоянного или переменного тока при испытательном токе не менее 0,2А. Допускается для проверки применять электроизмерительные приборы, специально предназначенные для измерения сопротивления заземляющей проводки.

Сопротивление контакта не нормируется, но обычно не превышает 0,05 Ом.

7.1.2 Измерение сопротивления изоляции. Измерения проводятся мегомметром на напряжение 1000 В. Сопротивление изоляции нагревательных кабелей измеряется между каждой нагревательной жилой и металлической оболочкой, а для саморегулируемых кабелей - между соединенными вместе токоведущими жилами и металлической оболочкой.

Для нагревательных кабелей сопротивление изоляции должно быть не менее 1 Мом. Во избежание выхода из строя терморегуляторов при измерениях их следует отсоединить от цепей, в которых проводится измерение.

7.1.3 Проверка защиты, обеспечивающей автоматическое отключение источника питания.

Проверку эффективности мер защиты от косвенного прикосновения посредством автоматического отключения источника питания следует производить путем проведения следующих испытаний:

а) Измерения сопротивления петли фаза-нуль. Производится в доступной для измерения точке подключения нагревательного кабеля к другим элементам системы (например, на выводах терморегулятора, промежуточного контактора или магнитного пускателя). При подключении нагревательного кабеля непосредственно к выводам терморегулятора указанные измерения следует производить на сетевых выводах терморегулятора с целью недопущения выхода последнего из строя. Значения измеренного полного сопротивления петли "фаза - нуль" или тока однофазного короткого замыкания должны соответствовать требованиям 1.7.79 ПУЭ.

б) Проверки характеристик защитных устройств:

- токов уставки автоматических выключателей и токов плавких вставок предохранителей;
- характеристик срабатывания УЗО; параметры срабатывания защитных устройств должны соответствовать паспортным данным для данных видов оборудования, а также проекту антиобледенительной системы.

7.1.4 Испытание электрической прочности изоляции. Производится путем измерения одномоментного значения сопротивления изоляции мегомметром на 2500 В. Если при этом значение сопротивления меньше приведенного в поз.2, должно быть проведено испытание напряжением 1000 В промышленной частоты в соответствии с 1.8.34ПУЭ.

7.1.5 Испытание омического сопротивления нагревательного кабеля. Для всех типов нагревательных кабелей испытание проводится при температуре нагревательной жилы 20°C (холодное состояние). Значения омического сопротивления, полученные по результатам измерений, могут отличаться от номинального, приведенного в паспортных данных кабеля, в пределах -5%.. +10%.

7.1.6 Измерение сопротивления заземлителя. Проводится только в тех системах, для которых предусмотрено устройство отдельного заземлителя независимо от устройства заземления в питающей сети. Величина сопротивления растекания тока заземлителя должна соответствовать проекту.

7.2 Наиболее информативными являются испытания на функционирование, в ходе которых проверяется эффективность работы системы.

Следует отметить, что антиобледенительные системы не являются системами мгновенного действия. Они предназначены для работы в ждущем режиме, и включаются сразу при появлении осадков. Если система была включена не в начале сезона и на кровле накопился слой снега, то ей понадобится время от 6 часов до суток для его удаления.

Затруднения имеются при сдаче системы в теплое время года. В это время проверяется надлежащее функционирование управляющей аппаратуры, имитируются сигналы с датчиков, проверяется переход системы в режим включения нагрузки.

7.3 Периодические испытания. Проводятся, как правило, в начале осени для проверки технического состояния системы и подготовки ее к работе. Прежде всего проверяется сопротивление изоляции для выявления поврежденных участков, затем проверяется состояние аппаратуры, проводится ее пробное включение. После проверки настроек терморегуляторов производится рабочее включение системы, и она остается работать в “ждущем” режиме.