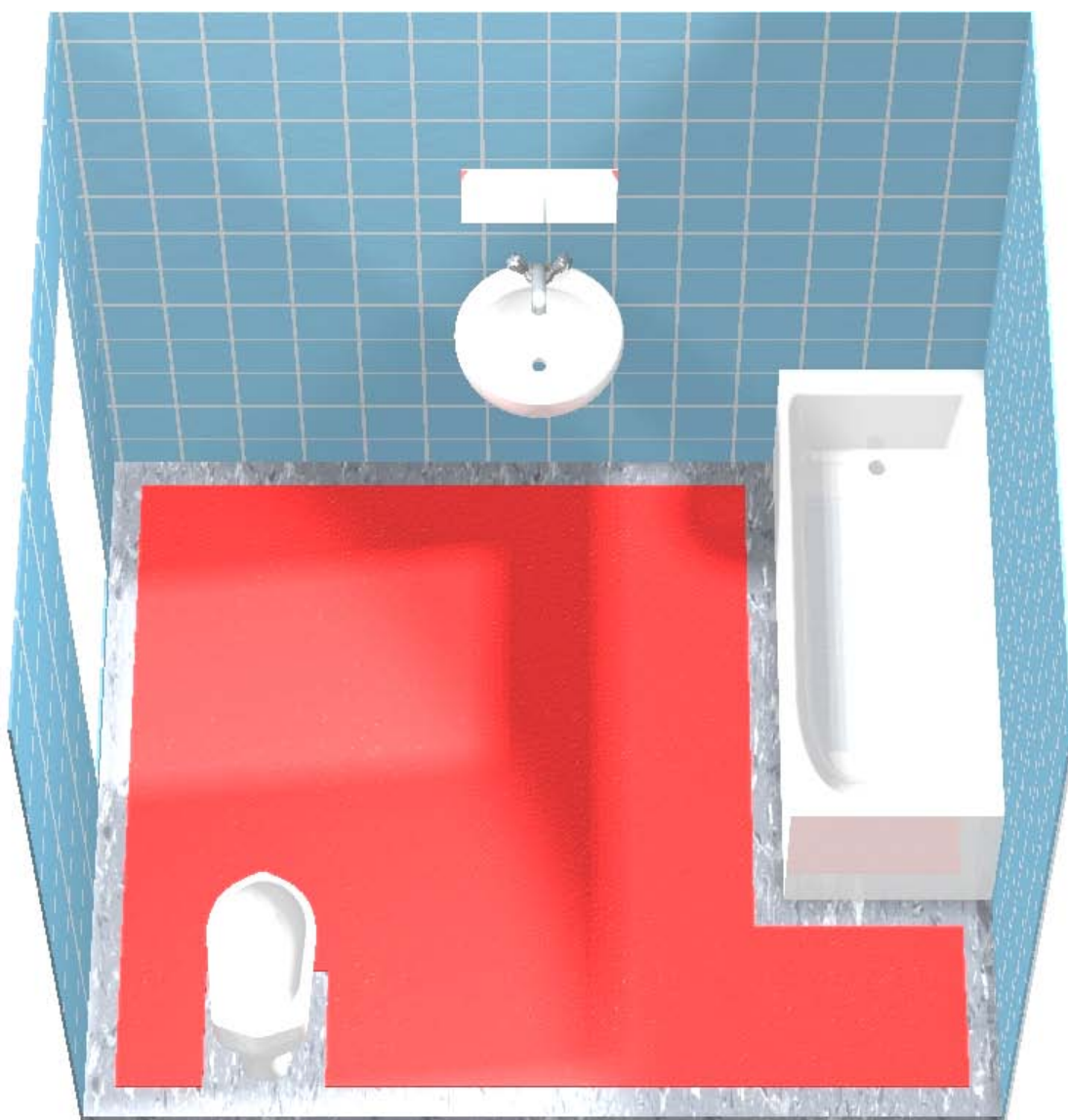


теплый пол

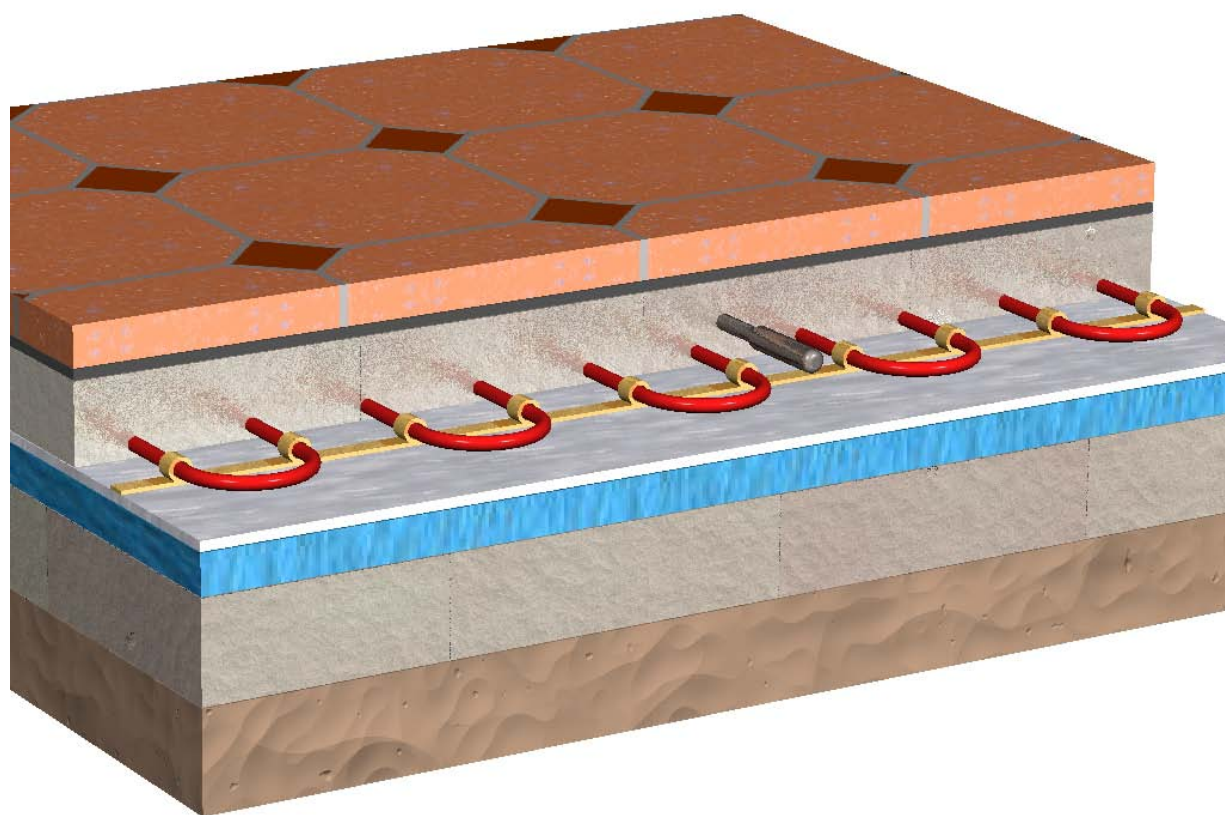


ПРОЕКТИРОВАНИЕ, МОНТАЖ, ЭКСПЛУАТАЦИЯ

Настоящее пособие содержит рекомендации по проектированию и устройству систем обогрева на основе нагревательного кабеля.

РАЗДЕЛ I

НАГРЕВАТЕЛЬНЫЙ КАБЕЛЬ – ОСНОВНОЙ ЭЛЕМЕНТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ КАБЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОБОГРЕВА



Основным элементом систем обогрева является электрический нагревательный кабель – кабельное изделие, преобразующее электрическую энергию в тепловую в целях нагрева.

В настоящее время рынок предлагает широкий спектр кабельной продукции, отличающейся как по конструктивному исполнению, так и по принципу тепловыделения.

КЛАССИФИКАЦИЯ НАГРЕВАТЕЛЬНОГО КАБЕЛЯ

I. ПО ПРИНЦИПУ ТЕПЛОВЫДЕЛЕНИЯ

1). Резистивные нагревательные кабели.

Нагревательные кабели, имеющие не менее одной нагревательной жилы, к которой подводится электрическое напряжение и которая является тепловыделяющим элементом. Нагревательная жила отличается незначительной величиной положительного температурного коэффициента сопротивления, благодаря чему линейная мощность резистивного кабеля по мере разогрева изменяется незначительно.

Резистивные нагревательные кабели в свою очередь делятся на резистивные последовательные и резистивные параллельные (зональные).

В резистивных последовательных (Рис.1,2,3,4) токопроводящая жила одновременно является и нагревательной. В резистивных параллельных нагревательный элемент спирально наложен на две изолированные токопроводящие жилы (Рис.5). Через равные расстояния выполнено соединение спирали с токопроводящими жилами. Таким образом формируются зоны тепловыделения, соединенные параллельно.

2). Саморегулирующиеся нагревательные кабели.

Нагревательные кабели, имеющие не менее двух токопроводящих жил, через которые электрическое напряжение подводится к тепловыделяющему элементу в виде полимерной матрицы или полимерных нитей (Рис.6). Тепловыделяющий элемент отличается значительной величиной положительного температурного коэффициента сопротивления, благодаря чему саморегулирующийся кабель по мере роста температуры окружающей среды снижает свою линейную мощность. Таким образом создается эффект саморегулирования. Такой режим позволяет предотвратить перегрев кабеля даже при пересечении с другим нагревательным кабелем, т.к. тепловыделение саморегулирующегося кабеля может меняться локально.

Параллельный подвод тока делает возможным использование саморегулирующегося кабеля произвольными длинами, причем резка может производиться на объекте. Это значительно упрощает проектирование и монтаж.

Ниже приведены температурные характеристики двух типов саморегулирующихся кабелей.

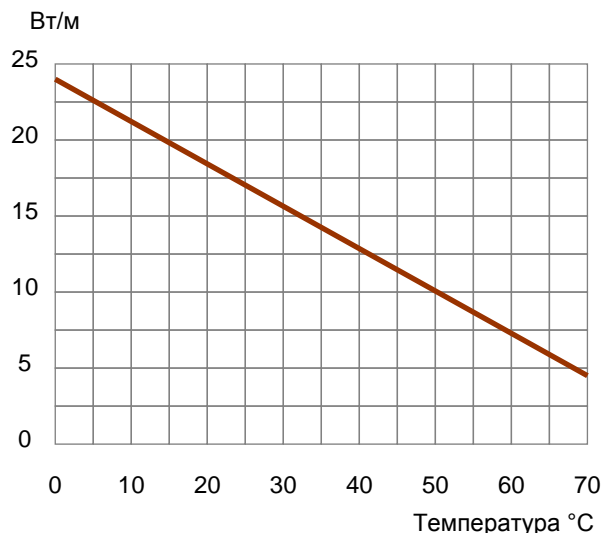


Рис. 1 Температурная характеристика саморегулирующегося нагревательного кабеля FSLe, установленного на теплоизолированной металлической трубе.

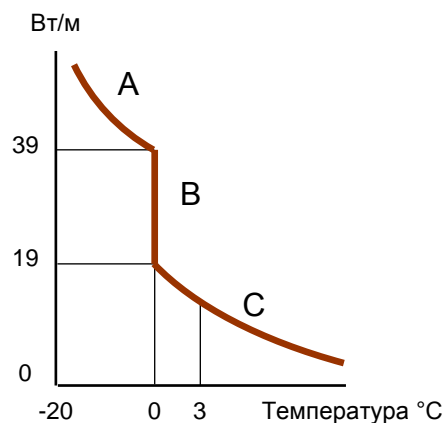


Рис. 2 Температурная характеристика саморегулирующегося нагревательного кабеля GTe, работающего в системе снеготаяния на кровле.

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

II. ПО КОЛИЧЕСТВУ ТОКОВЕДУЩИХ ЖИЛ

Эта позиция в классификации нагревательного кабеля значима только для последовательных резистивных нагревательных кабелей. Различают одножильные и двухжильные последовательные резистивные нагревательные кабели (далее в тексте – одножильные и двухжильные нагревательные кабели). Различия в конструкции этих типов кабелей видны из рисунков Рис.1,2 и Рис.3. Другие свойства, вытекающие из особенностей их конструкций, будут рассмотрены ниже, в главе “Нагревательная кабельная секция”.

III. ПО НАЛИЧИЮ ЭКРАНА

Нагревательный кабель может быть с экраном или без экрана.

Экран – элемент нагревательного кабеля, выполненный из металлических проволок, металлических или металлизированных лент, или их комбинации, который окружает изолированную жилу (жилы) и (или) нагревательные элементы и предназначенный для заземления кабеля и экранирования электромагнитных полей.

Нагревательный кабель без экрана (Рис.1), как более дешевый, может использоваться в системах технологического прогрева, рассчитанных на непродолжительный срок службы (например – технологический нагрев бетона в холодное время года), а также в сухих помещениях, не связанных с длительным пребыванием людей.

IV. СТОЙКОСТЬ НАГРЕВАТЕЛЬНОГО КАБЕЛЯ К МЕХАНИЧЕСКИМ НАГРУЗКАМ

Существуют нагревательные кабели, имеющие повышенную стойкость к механическим нагрузкам.

Для увеличения механической прочности нагревательного кабеля в его конструкцию вводится броня (Рис.4). Броня может быть выполнена в виде одного или нескольких слоев стальных проволок, оплетки, а также в виде металлической оболочки или материала, заменяющего ее.

Бронированный кабель имеет преимущественное применение там, где в процессе монтажа возможны значительные механические воздействия, такие как ударные, крутящие, растягивающие.

За счет значительной массы металлической брони и небольшого термического сопротивления бронированный кабель обладает повышенной устойчивостью к тепловым нагрузкам.

V. СТОЙКОСТЬ К ВОЗДЕЙСТВИЮ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ

При соответствующем исполнении оболочка нагревательного кабеля обеспечивает защиту от воздействия ультрафиолетового излучения, агрессивных химических растворов или паров.

ПРИМЕРЫ КОНСТРУКЦИЙ НАГРЕВАТЕЛЬНОГО КАБЕЛЯ



Рис. 1 Одножильный кабель с одним слоем изоляции и оболочкой

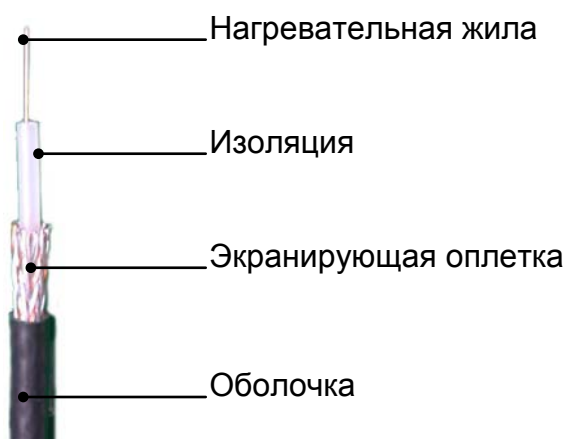


Рис. 2 Одножильный кабель с одним слоем изоляции, экраном и оболочкой

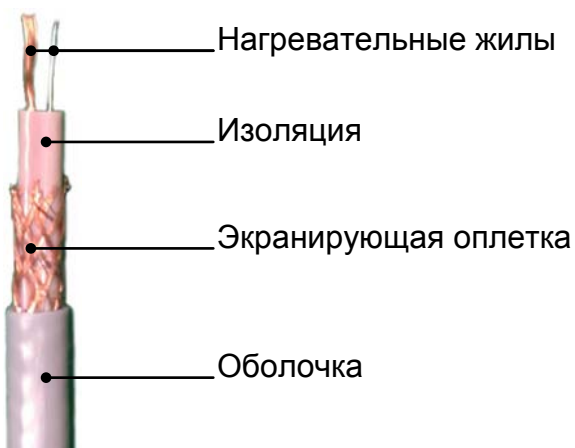


Рис. 3 Двужильный кабель с одним слоем изоляции, экраном и оболочкой



Рис. 4 Одножильный бронированный кабель с двумя слоями изоляции (с одним или двумя повивами брони)



Рис. 5 Резистивный параллельный нагревательный кабель (зональный)

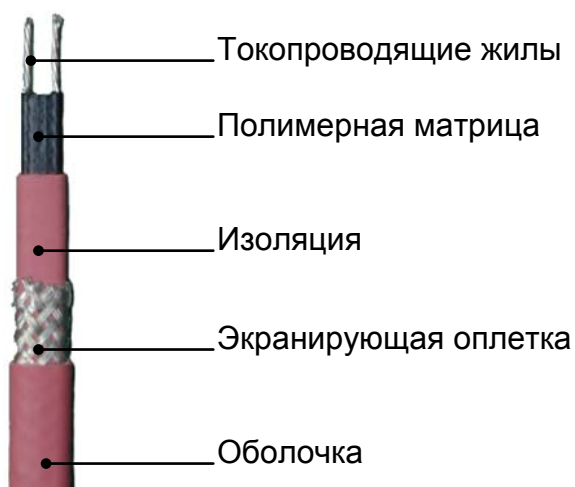


Рис. 6 Саморегулирующийся нагревательный кабель

БЕЗОПАСНОСТЬ НАГРЕВАТЕЛЬНОГО КАБЕЛЯ

Электробезопасность нагревательного кабеля обеспечивается наличием как минимум двуслойной изоляции, не изменяющей своих электроизоляционных свойств при высоких (70...90°C) температурах на протяжении десятилетий. Экран нагревательного кабеля заземляется, что делает эксплуатацию нагревательного кабеля еще более безопасной.

Для электрических систем часто возникает вопрос об электромагнитных полях, создаваемых во время работы. Нагревательные кабели в соответствии с международными нормами должны иметь специальную конструкцию (защитный металлический экран). Исследования подтвердили, что уровень полей, создаваемый нагревательным кабелем в окружающем пространстве в 100...1000 раз меньше, чем регламентировано действующими во всем мире нормами, и не превосходит по величине уровень, создаваемый бытовым электрооборудованием.

НАГРЕВАТЕЛЬНАЯ КАБЕЛЬНАЯ СЕКЦИЯ

Нагревательная кабельная секция – это отрезок нагревательного кабеля фиксированной длины, оснащенный монтажными концами для подключения к электрической сети. Соединения кабеля с монтажными концами и концевая заделка выполнены в герметичных соединительных и концевых муфтах.

Ниже рассмотрены три типа нагревательных кабельных секций.

I. НАГРЕВАТЕЛЬНАЯ СЕКЦИЯ НА ОСНОВЕ ОДНОЖИЛЬНОГО РЕЗИСТИВНОГО НАГРЕВАТЕЛЬНОГО КАБЕЛЯ

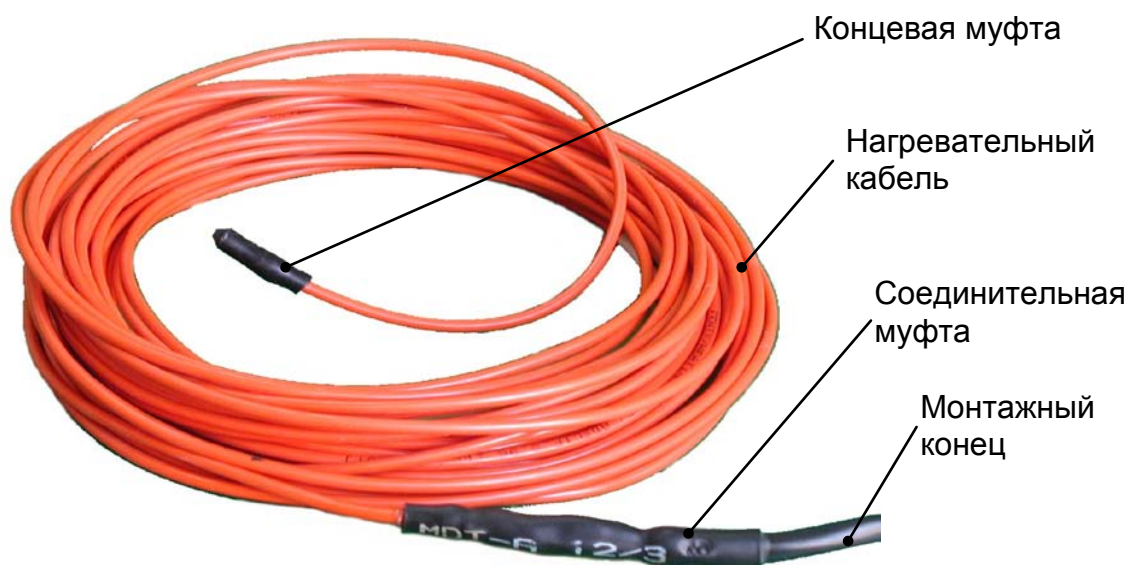


Секция одножильного нагревательного кабеля имеет две соединительные муфты – по одной с каждой стороны секции. При монтаже одножильного кабеля необходимо, чтобы начало нагревательной секции и ее конец оказались в одной точке (место установки регулятора температуры, клеммная или распаечная коробка).

Принцип соединения нагревательного кабеля и монтажного провода в муфте показан на рисунке:

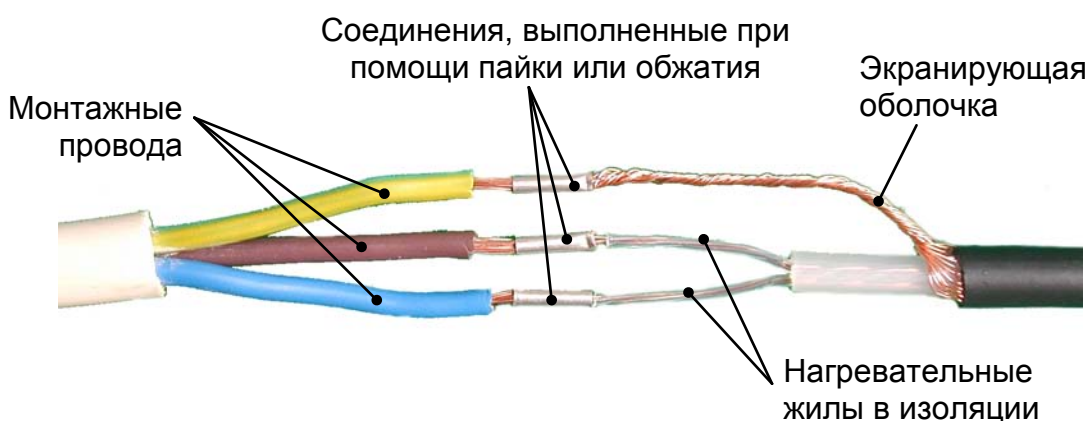


II. НАГРЕВАТЕЛЬНАЯ СЕКЦИЯ НА ОСНОВЕ ДВУЖИЛЬНОГО РЕЗИСТИВНОГО НАГРЕВАТЕЛЬНОГО КАБЕЛЯ



Секция двухжильного нагревательного кабеля имеет одну соединительную муфту и одну концевую муфту-заделку. Две токоведущие жилы нагревательного кабеля, расположенные рядом и соединенные на конце секции, при подключении к источнику питания образуют замкнутую цепь. Или, говоря другими словами, двухжильный кабель содержит возврат в себе самом. Таким образом, при монтаже кабеля нет необходимости возвращать конец секции в исходную точку для последующего подключения.

Принцип соединения нагревательного кабеля и монтажного провода в муфте показан на рисунке:



III. НАГРЕВАТЕЛЬНАЯ СЕКЦИЯ НА ОСНОВЕ САМОРЕГУЛИРУЮЩЕГОСЯ НАГРЕВАТЕЛЬНОГО КАБЕЛЯ

Секция саморегулирующегося нагревательного кабеля имеет одну соединительную муфту и одну концевую муфту-заделку. При изготовлении секции токоведущие жилы не соединяются на конце секции, а наоборот, тщательно изолируются друг от друга под концевой заделкой.

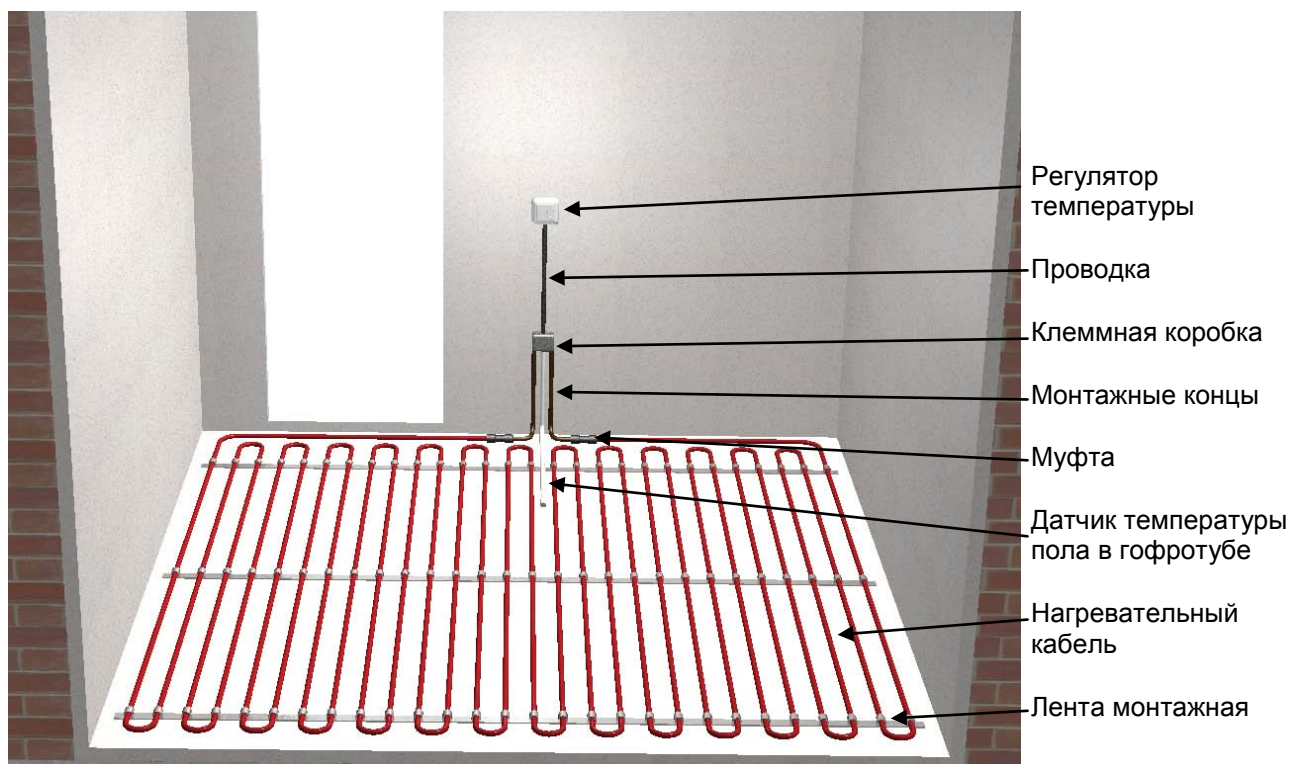
КОМФОРТНОЕ ЭЛЕКТРООТОПЛЕНИЕ “ТЕПЛЫЙ ПОЛ”



ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ

В состав системы входят:

- одна или несколько секций нагревательного кабеля
- регулятор температуры пола (в комплекте с датчиком температуры пола)
- монтажная лента
- трубка для датчика



В системах “Теплый пол” используются резистивный одножильный и резистивный двухжильный нагревательные кабели с удельной (погонной) мощностью 15...20 Вт/метр. Использование нагревательного кабеля с меньшей удельной мощностью требует более плотной укладки кабеля (уменьшения расстояния между нитками кабеля) и, как следствие, увеличения общей длины нагревательного кабеля. Увеличивается стоимость системы.

При удельной мощности кабеля более 20 Вт/м шаг укладки необходимо увеличивать (иначе мощность будет избыточна). Увеличение шага приводит к появлению контраста температур на поверхности пола – “тепловых полос”.

Регулятор температуры осуществляет управление обогревом, обеспечивая точное и оптимальное регулирование температуры, как в отношении комфорта, так и в отношении экономии энергии. Датчик терморегулятора измеряет температуру пола. Электрический сигнал от датчика температуры поступает в регулятор. Электронная схема сравнения регулятора сравнивает температуру реальную, измеряемую датчиком, с температурой, установленной на регуляторе пользователем. При рассогласовании температур более 0,3...0,6С терморегулятор включает обогрев.

Монтажная лента предназначена для облегчения раскладки нагревательной секции и закрепления ее на поверхности пола. Расположенные через равные расстояния крепежные лепестки позволяют выдержать постоянный шаг раскладки кабеля.

Трубка используется для установки датчика температуры пола. Позволяет производить замену датчика в процессе эксплуатации.

ВЫБОР МОЩНОСТИ НАГРЕВАТЕЛЬНОГО КАБЕЛЯ

С точки зрения эксплуатационных качеств системы наилучший нагревательный кабель – это кабель с максимально допустимой для данного помещения мощностью. Максимально допустимая мощность кабеля позволяет достигать наиболее быстрого прогрева пола до требуемой температуры и добиваться наилучших характеристик ее регулирования.

Выбор максимально допустимой мощности обуславливает применение кабеля большой длины и, следовательно, малый шаг его укладки, что благотворно влияет на равномерное распределение температуры по поверхности пола и способствует наиболее ровному его прогреву.

Выбор кабеля с максимально допустимой мощностью приводит только к удорожанию системы, т.к. при этом используется наиболее дорогой кабель. Потребляемая же системой обогрева мощность в установившемся режиме работы практически не зависит от мощности нагревательного кабеля и определяется только величиной тепловых потерь в помещении при требуемом значении регулируемой температуры.

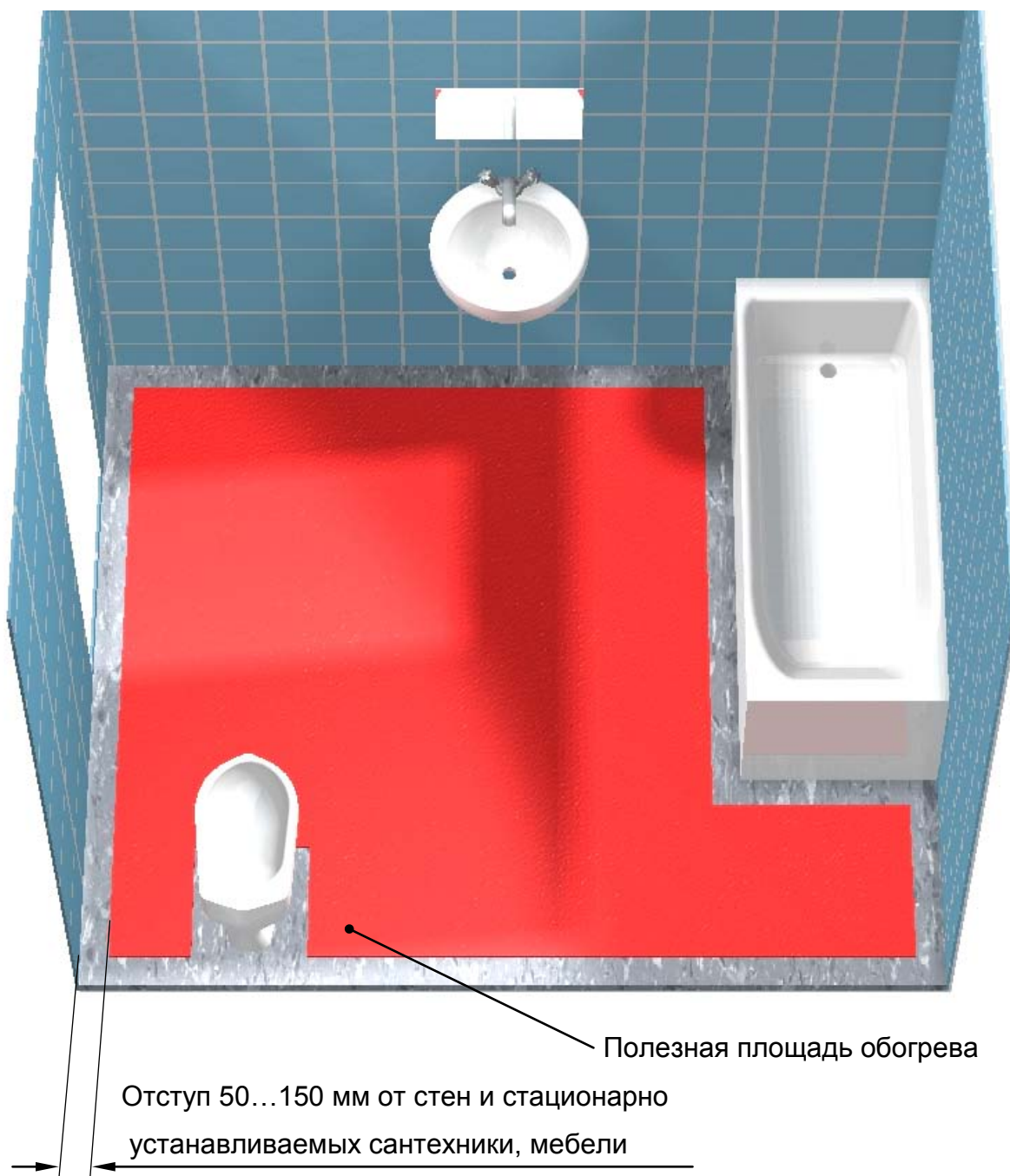
Перед Вами стоит задача рассчитать мощность нагревательного кабеля для системы “Теплый пол”. Наш опыт показывает, что при существующем разнообразии конструкций полов, разнообразии напольных покрытий, при различной степени утепления полов и помещения в целом, невозможно иметь четкую схему выбора мощности нагревательного кабеля.

Добавим к этому, что понятие “ногам тепло” для одного человека означает температуру на поверхности пола 26...28°C, другому для ощущения комфорта нужна более высокая температура пола. И попытки оправдаться, что санитарные нормы не рекомендуют превышать температуру на поверхности более 28°C в ряд ли окажутся действенными.

Поэтому, ниже мы дадим только рекомендации по выбору мощности нагревательного кабеля и сразу оговоримся, что в основу расчета мы закладываем принцип: лучше иметь несколько избыточную мощность в полу – резерв, которым можно и не пользоваться, чем жалеть о том, что пол не прогревает.

Расчет начинается с определения полезной площади обогрева. Под полезной понимается площадь, не занятая стационарно устанавливаемой мебелью, сантехническим оборудованием и другими предметами быта, уменьшенная с учетом необходимого отступа от стен, вертикальных перегородок, установленного сантехнического и другого оборудования. При установке системы нагревательный кабель во избежание перегрева разрешается укладывать только в пределах полезной площади.

Типовое определение полезной площади в ванной



Довольно часто заказчик определяет полезную площадь как совсем небольшую зону прогрева при значительной общей площади помещения. Наш опыт показывает, что при таком соотношении полезной площади и общей мощности обогрева необходимо увеличить на 10...20%.

Полезная площадь определена. Следующий важный шаг – выбор мощности, приходящейся на квадратный метр полезной площади (удельной мощности обогрева $P_{уд}$). Для кухонь, жилых комнат, коридоров эта мощность принимается равной 120...125 Вт/м², для ванных комнат, туалетов – 130...135 Вт/м².

Эта цифра справедлива для утепленных полов. Если в конструкцию пола не введен слой утеплителя, удельная мощность увеличивается на 10...12%.

Подход к определению удельной мощности может быть и несколько иным.

Монтажная лента, используемая для раскладки нагревательного кабеля, как правило, имеет расстояние между крепежными лепестками 25 или 40 мм. Таким образом, имеется возможность выбирать интервалы укладки кабеля, кратные этим значениям.

В настоящее время для систем “Теплый пол” используется, как правило, нагревательный кабель с погонной мощностью 16...20 Вт/м.

Рассмотрим варианты раскладки нагревательного кабеля с различным шагом (шаг укладки – расстояние между нитками кабеля). В основу расчета положим нагревательный кабель с наиболее характерной удельной мощностью – 18 Вт/м. Величины мощности (Вт/м²), получаемые при различных шагах укладки (кратных 25 или 40 мм) для данного кабеля сведены в таблицу:

Шаг укладки нагревательного кабеля, мм	80	100	120	125	150	160
$P_{уд}$, Вт/м ² . (для кабеля 18 Вт/м)	224	180	152	147	124	112

Наш опыт показывает, что приемлемыми для режима обогрева “Теплый пол” оказываются мощности, соответствующие шагу укладки от 120 до 160 мм.

Таким образом, если в Вашем распоряжении имеется монтажная лента с шагом крепежных лепестков 25 мм, то фактически Вы оказываетесь перед выбором – установить нагревательный кабель с шагом 150 мм или с шагом 125 мм.

Если в совокупности:

- помещение само по себе (при уже существующем отоплении) достаточно теплое
- пол утеплен (в конструкцию пола введен слой теплоизоляционного материала)
- зона прогрева не охватывает лишь малую часть от общей площади помещения
- помещение – кухня, коридор, холл
- над кабелем, после закрытия его стяжкой, окажется не менее 30 мм конструкции пола,

то Вы можете выбрать шаг установки нагревательного кабеля 150 мм, получив таким образом удельную мощность 120...125 Вт/м².

В остальных случаях шаг установки нагревательного кабеля 125 мм будет предпочтительнее. Вы получаете удельную мощность 145...150 Вт/м², которая гарантированно обеспечит прогрев пола.

Если в Вашем распоряжении монтажная лента с шагом крепежных лепестков 40 мм, то Вы также оказываетесь перед выбором: шаг установки нагревательного кабеля 160 мм или 120 мм. Аргументы при выборе те же, что и выше. Вы получите удельные мощности 108...114 или 150...155 Вт/м² соответственно.

Таким образом, монтажная лента, а точнее шаг крепежных лепестков на монтажной ленте, в большой степени определяют выбор удельной мощности обогрева, ограничивая этот выбор всего лишь несколькими фиксированными значениями.

Отметим, что выбор в пользу большей (в рассматриваемом выше диапазоне) удельной мощности приводит только к удорожанию в 1,1...1,3 раза нагревательного кабеля, на стоимости регулятора температуры и монтажной ленты это не отражается.

Не скажется установка большей мощности и на суммарном расходе электроэнергии. Очень часто “слабая” система вынуждена работать без отключения, пытаясь обеспечить заданный уровень температуры пола. Однако из-за низкой удельной мощности желаемая температура так и не достигается.

ПОДГОТОВКА ПОВЕРХНОСТИ И СХЕМЫ ЗАЛОЖЕНИЯ НАГРЕВАТЕЛЬНОГО КАБЕЛЯ В ПОЛУ

Ниже будут рассмотрены различные схемы заложения нагревательного кабеля в полу. Но в любом случае существует некоторая исходная поверхность, которая будет служить основанием для устройства системы “Теплый пол”. Именно с подготовки поверхности начинаются работы по установке системы.

Нагревательный кабель, установленный в полу, не усиливает и не ослабляет конструкцию пола. И если со временем на полу появляются трещины или пол дает просадку, то причина кроется или в непрочности основания, или в нарушении требований, предъявляемых к подготовке поверхности, выбору теплоизоляционного материала, толщине и качеству стяжки.

ПОДГОТОВКА ПОВЕРХНОСТИ

Поверхность должна быть ровной, очищенной от строительного мусора, пыли и грязи.

Поверхность должна быть горизонтальна. В противном случае при окончательной заливке высота стяжки над кабелем окажется неодинаковой и, как следствие, окажется неодинаковым прогрев поверхности пола.

На поверхности не должно быть острых выступающих фрагментов, способных повредить кабель. По нагревательному кабелю ходить не рекомендуется, но тем не менее на него и во время укладки и после наступают, часто просто произвольно. И если при этом под кабелем окажется грубая, неровная поверхность, он, скорее всего, будет поврежден.

Поверхность чернового пола выравнивается при помощи выравнивающих смесей.

Поверхность рекомендуется прогрунтовать, тогда сцепление со следующим слоем будет лучше.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В СИСТЕМАХ “ТЕПЛЫЙ ПОЛ”

Для качественной работы системы обогрева, уменьшения тепловых потерь и экономии электроэнергии важно обеспечить хорошую теплоизоляцию пола.

В качестве теплоизоляции используются материалы, толщина и физические свойства которых (теплопроводность, плотность) обуславливаются конструкцией пола и самим помещением, в котором он находится.

Материалы, применяемые для теплоизоляции полов, подвергаются повышенным нагрузкам, в силу чего среди предъявляемых к ним требований в первую очередь следует назвать высокую прочность на сжатие и малую степень деформации при сжатии. Другими важными характеристиками термоизоляционного материала, позволяющими уменьшить до минимума толщину строительных конструкций, являются низкая теплопроводность и способность сохранять исходные термоизоляционные свойства в течение практически неограниченного периода времени даже при воздействии влаги и механических нагрузок.

В качестве утеплителя могут быть использованы натуральная пробка, жесткий пенопласт, экструдированный пенополистирол.

Плотность материала должна быть не ниже 25 кг/м^3 для полов в жилых помещениях и не ниже 30 кг/м^3 для полов в промышленных зданиях, складских помещениях, магазинах. Если полы рассчитаны на движение транспортных средств, то плотность теплоизоляционного материала должна быть не ниже 35 кг/м^3 .

Рекомендуется выбирать теплоизоляционный материал с коэффициентом теплопроводности λ не выше $0,06 \text{ Вт/м}^2 \times \text{°C}$.

На сегодняшний день наиболее популярными теплоизоляционными материалами для систем “Теплый пол” являются экструдированные пенополистиролы, имеющие названия “Styrodur”, “Floormate”, “Roofmate”, “Isofoam”, “Austrotherm”, “Polpan”. Все они имеют коэффициент теплопроводности не выше $0,04 \text{ Вт/м}^2 \times \text{°C}$, плотность – от 25 кг/м^2 и более.

Как правило такой материал поставляется в виде плит толщиной 20 или 30 мм и размерами 600x1200 мм.

ЗАМОНОЛИЧИВАЮЩИЙ СОСТАВ

Нагревательный кабель заливается цементно-песчаным раствором толщиной 3...5 см. Замоноличивающим составом может быть и бетон. Для изготовления бетонной стяжки необходимо использовать только высокие марки бетона (не ниже M150) с мелкой фракцией щебня (не более 10 мм).

Цементно-песчаный раствор, бетон должны иметь такую консистенцию, чтобы кабель был полностью залит и вокруг него не образовывались воздушные карманы, вызывающие местный перегрев кабеля.

Недопустимо использование в качестве замоноличивающего состава легких бетонов.

При изготовлении тонких (толщина слоев, расположенных выше оси замоноличиваемого кабеля, не более 20 мм) полов нагревательный кабель может непосредственно закрываться составом для укладки плитки.

ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ

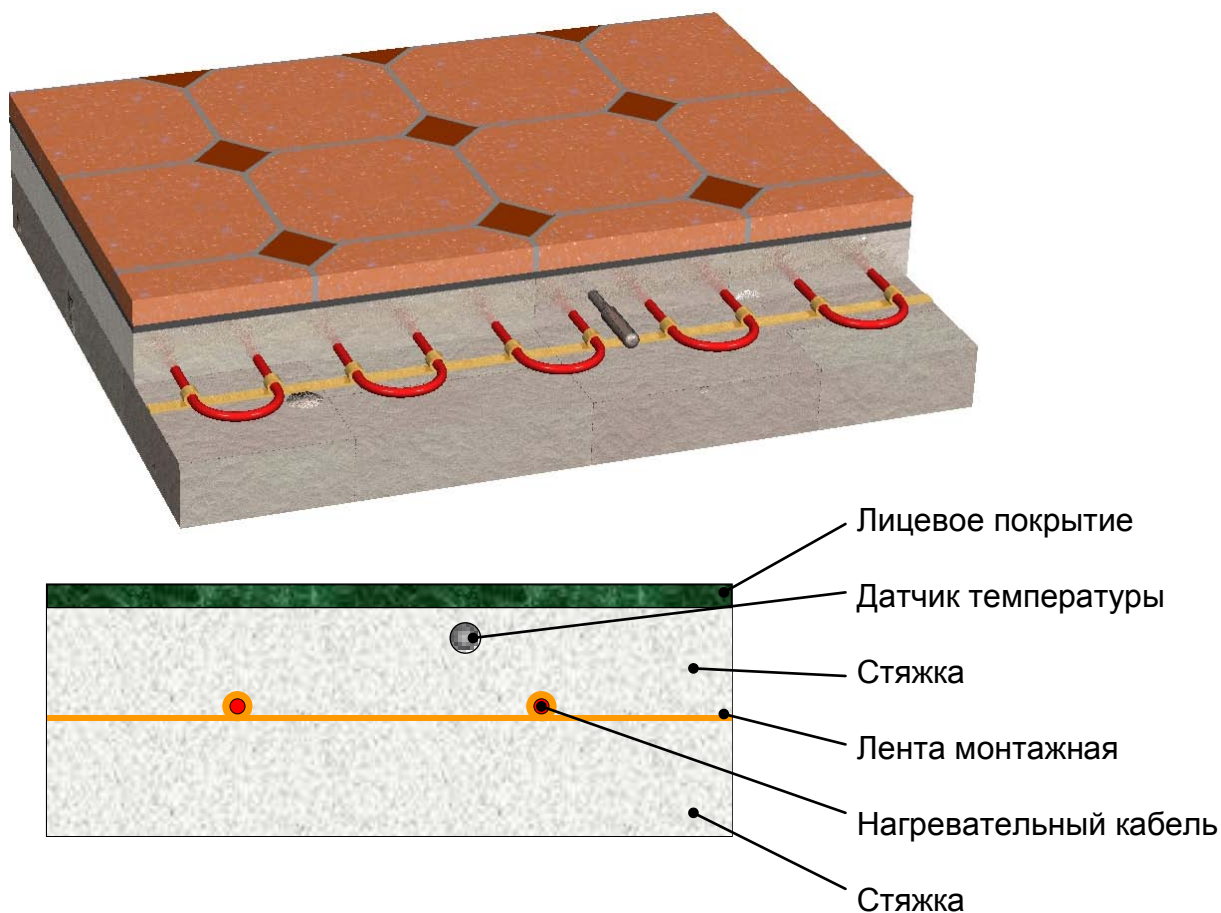
Наличие гидроизоляционного слоя не является обязательным для нормальной работы кабельной системы обогрева, поэтому решение о применении гидроизоляции принимается специалистами, занимающимися подготовкой пола и его облицовкой.

СХЕМЫ И СПОСОБЫ ЗАЛОЖЕНИЯ НАГРЕВАТЕЛЬНОГО КАБЕЛЯ В ПОЛУ

I. УСТАНОВКА НАГРЕВАТЕЛЬНОГО КАБЕЛЯ НА БЕТОННОМ ОСНОВАНИИ (БЕЗ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО СЛОЯ)

Нагревательный кабель устанавливается на подготовленное (см. выше) основание. Если монтаж выполняется поверх существующих полов, необходимо проверить прочность крепления старых поверхностей и стабильность конструкции, на которой будет устанавливаться система.

СХЕМА ЗАЛОЖЕНИЯ НАГРЕВАТЕЛЬНОГО КАБЕЛЯ



К основанию крепится монтажная лента, предназначенная для раскладки и крепления нагревательного кабеля. Вместо ленты может использоваться металлическая или пластмассовая сетка с размерами ячейки не более 50 мм, к которой кабель крепится при помощи хомутиков или зажимов.

Нагревательный кабель раскладывается на полезной площади, с соблюдением определенных отступов и радиусов изгиба.

По нагревательному кабелю выполняется стяжка толщиной 3...5 см, затем укладывается декоративное покрытие.

II. УСТАНОВКА НАГРЕВАТЕЛЬНОГО КАБЕЛЯ НА БЕТОННОМ ОСНОВАНИИ – “ТОНКИЙ ПОЛ”

Схему обогрева “тонкий пол” рекомендуется применять в реконструируемых помещениях, когда необходимо выполнить поверх существующего новый пол как можно меньшей толщины. Иногда по той или иной причине нет возможности закрывать кабель стяжкой толщиной 3...5 см.

Нагревательный кабель (мат) закладывается в тонкий слой цемента или специального клеевого состава толщиной не более 15 мм.

Шаг укладки нагревательного кабеля не должен быть более 100 мм, так как из-за неравномерности прогрева тонкого пола на поверхности может ощущаться контраст температур. Нагревательный кабель, установленный в тонком полу, должен иметь погонную мощность не более 15 Вт/м, чтобы при шаге укладки 100 мм и менее не превысить мощность обогрева.

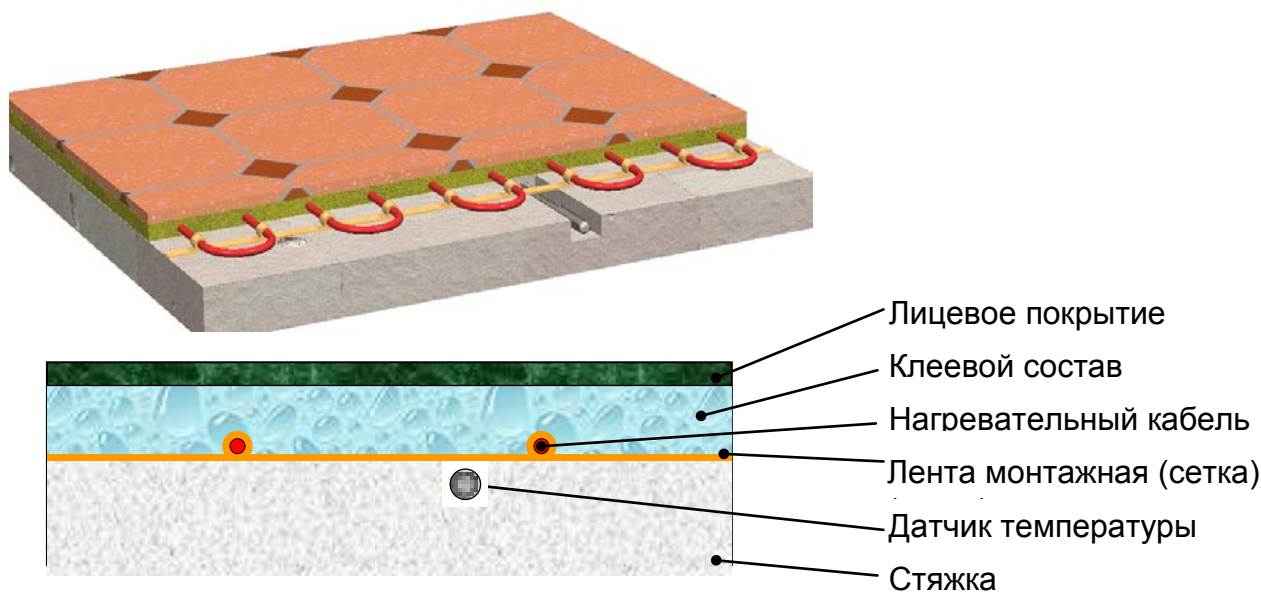
Недопустимо устанавливать в конструкции тонкого пола тонкий слой теплоизолятора (непосредственно под нагревательным кабелем). Эффект от такой теплоизоляции будет незначителен, а конструкция пола при тонкой стяжке на относительно мягком материале изолятора окажется непрочной.

Существует заблуждение, что алюминиевая фольга, расположенная под кабелем непосредственно на бетонном основании сыграет роль теплоотражающего экрана. Фольга без теплоизолирующего материала в такой конструкции совершенно бесполезна. Более того, она ухудшит сцепление тонкой стяжки, закрывающей кабель, с основанием.

Не рекомендуется в случае тонкого пола заглублять нагревательный кабель в штрабу, вырезанную в полу. Этого не стоит делать по крайней мере по двум причинам:

- 1). штрабление под нагревательный кабель – очень трудоемкая работа;
- 2). закладка кабеля в штрабу и последующее заполнение штрабы раствором требуют особого внимания и тщательности исполнения, т.к. необходимо исключить образование воздушных пазух вокруг нагревательного кабеля, лежащего в пазу.

Очень удобными для монтажа системы “Теплый пол – Тонкий пол” оказываются нагревательные кабели с наружным диаметром 3...4 мм, изготовление которых стало возможным благодаря применению современных электроизоляционных материалов. На основание укладывается пластмассовая сетка, применяемая обычно для армирования выравнивающих смесей, а к сетке с шагом 70...100 мм подвязывается тонкий нагревательный кабель с погонной мощностью 10...15 Вт/м.



III. УСТАНОВКА НАГРЕВАТЕЛЬНОГО КАБЕЛЯ НА УТЕПЛЕННОМ БЕТОННОМ ОСНОВАНИИ

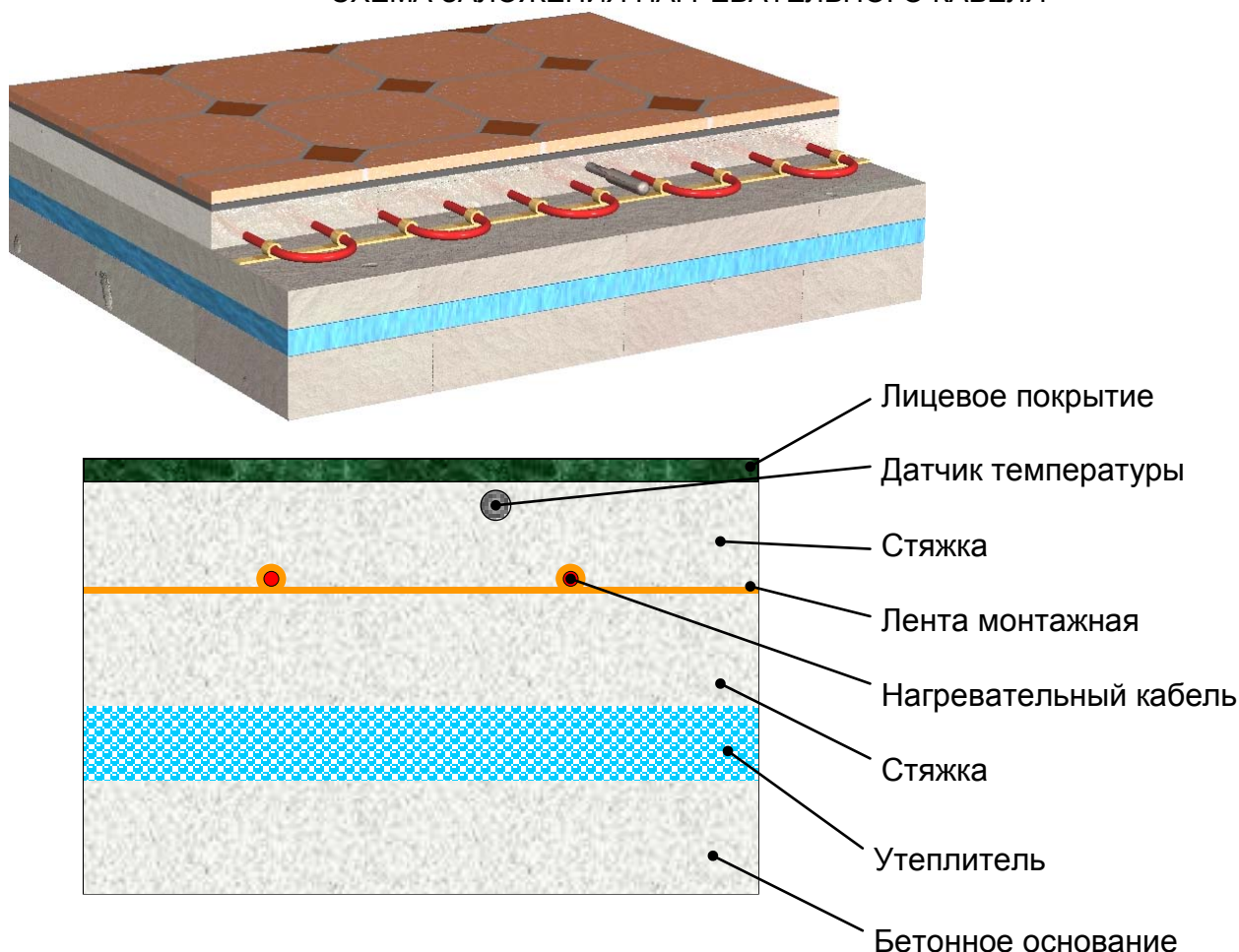
На подготовленное основание укладывается теплоизоляционный материал. Важно, чтобы между теплоизолятором и основанием не оставался слой воздуха, так как пол может дать просадку. Поэтому, если плиты жесткого пенопласта или пенополистирола “играют” на неровном основании, необходимо более тщательно подготовить поверхность.

Укладывать нагревательный кабель непосредственно на теплоизолятор недопустимо, так как материал препятствует переносу тепла от кабеля, кабель и теплоизолятор в зоне касания перегреваются (предельная температура применения теплоизоляционных материалов из экструдированного пенополистирола, 75 температура на поверхности нагревательного кабеля в условиях плохого теплообмена может достигать 70С).90Кабель, уложенный прямо на теплоизолятор, может оказаться частично вдавленным в материал, что только ухудшит условия теплообмена.

Как правило, по теплоизоляционному материалу выполняется промежуточная стяжка толщиной 3...4 см. Уменьшать толщину не рекомендуется, так как более тонкая стяжка может разрушиться при последующем монтаже.

К промежуточной стяжке крепится монтажная лента, затем раскладывается нагревательный кабель. Кабель замоноличивается стяжкой толщиной 3...4 см.

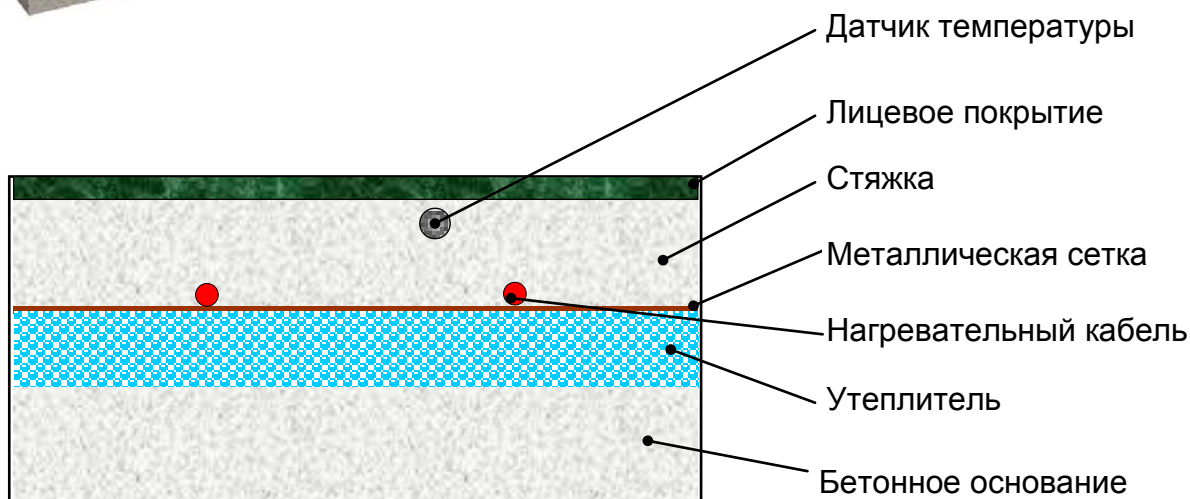
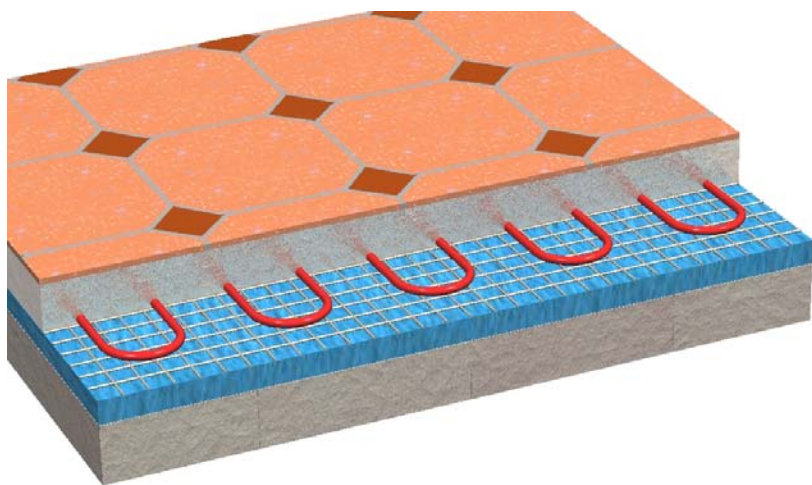
СХЕМА ЗАЛОЖЕНИЯ НАГРЕВАТЕЛЬНОГО КАБЕЛЯ



Можно не выполнять промежуточную стяжку, а использовать металлическую сетку, как правило, сварную, с толщиной прутка 1,5...2 мм и размерами ячейки до 50 мм. Сетка укладывается на теплоизолятор, а нагревательный кабель крепится или

непосредственно к сетке, или к монтажной ленте, прикрепленной к сетке. Кабель замоноличивается стяжкой толщиной 4...5 см.

СХЕМА ЗАЛОЖЕНИЯ НАГРЕВАТЕЛЬНОГО КАБЕЛЯ



Будьте предельно внимательны при использовании теплоизоляционного материала. При неправильном выборе и неправильном заложении теплоизолятора конструкция пола может оказаться непрочной.

Работайте совместно со специалистами, занимающимися подготовкой пола и его облицовкой.

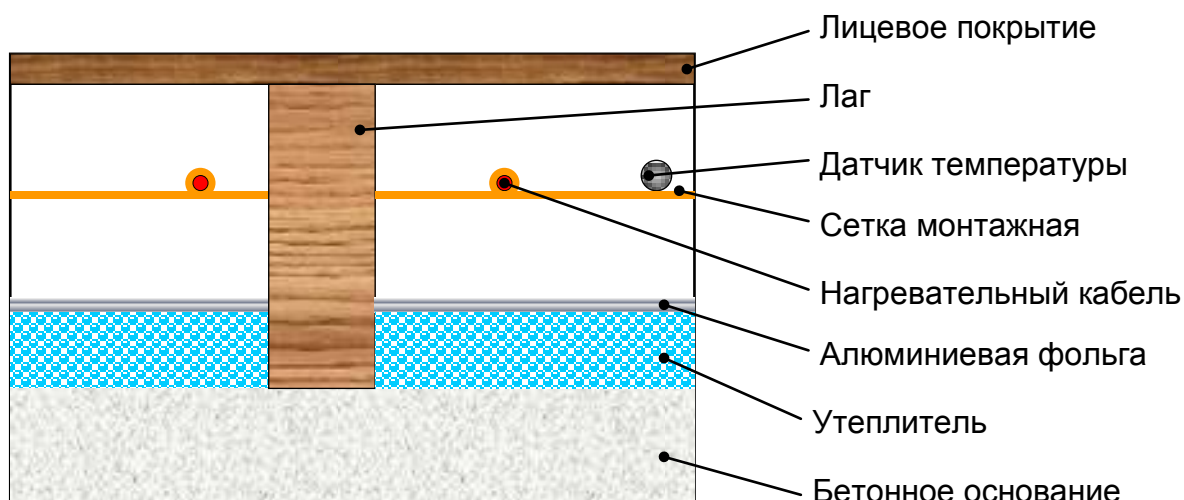
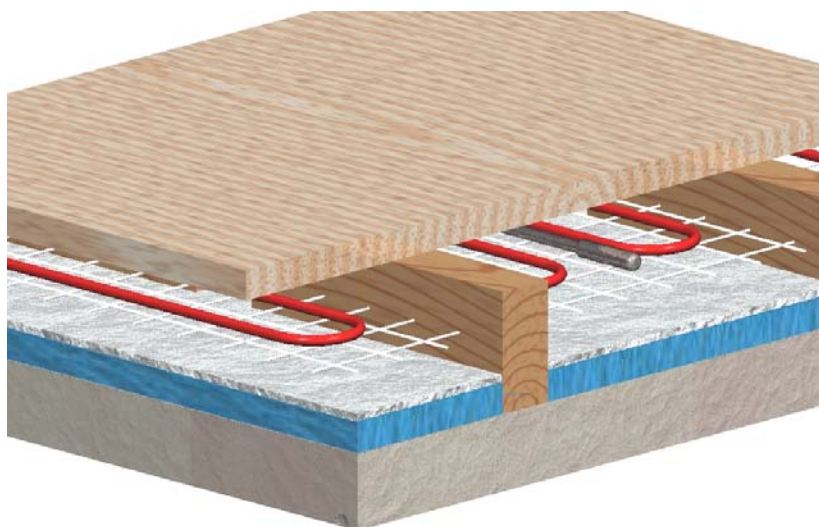
IV. УСТАНОВКА НАГРЕВАТЕЛЬНОГО КАБЕЛЯ В ДЕРЕВЯННОМ ПОЛУ

В деревянных полах запрещается применять нагревательный кабель с погонной мощностью свыше 10 Вт/м. На один квадратный метр деревянного пола должно приходиться не более 80 Вт мощности нагрева. Толщина половой доски над кабелем должна быть не более 25 мм. Дерево, применяемое для полов, должно быть хорошо высушено. Нагревательный кабель укладывается на металлическую сетку, подвешенную над теплоизоляцией между лагами. Нагревательный кабель не должен касаться теплоизоляции. Между сеткой и нижней поверхностью пола должен быть зазор минимум 30 мм. Нагревательный кабель укладывается параллельно лагам с минимальным зазором в 30 мм между кабелем и лагами.

В местах пересечения лаг и кабеля в лагах делается прорез шириной 30 мм, который защищается алюминиевой фольгой или другим несгораемым материалом. В одном прорезе разрешается укладывать только одну нитку кабеля.

Воздушная прослойка в пределах обогреваемой площади должна представлять собой единый объем, для чего в лагах в шахматном порядке следует предусматривать устройство прорезей шириной 50 мм на всю высоту прослойки. Интервал между прорезями не должен быть более 2 м.

СХЕМА ЗАЛОЖЕНИЯ НАГРЕВАТЕЛЬНОГО КАБЕЛЯ



V. ПОКРЫТИЕ ПОЛА

На полу с вмонтированной кабельной системой обогрева можно применять практически любые виды покрытия, стойкие к воздействию повышенной температуры основы и не являющиеся при этом материалами с хорошими теплоизоляционными свойствами. Наиболее предпочтительным покрытием является керамическая плитка – материал с хорошей теплопроводностью. При выборе линолеумов и ламинатных полов необходимо убедиться, что эти материалы допущены производителем к установке на обогреваемые полы.

Не рекомендуется укладывать на декоративное покрытие пола толстые ковры, ковры на резиновой основе – материалы, которые могут играть роль теплоизоляции.

Примечание. Термическое сопротивление слоев, расположенных выше оси монолитного кабеля, должно быть не выше $0,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Ккал}$. С увеличением этого сопротивления при прочих равных условиях увеличиваются теплотери в подполье.

УПРАВЛЕНИЕ НАГРЕВОМ

Для управления встроенными электрическими кабельными системами обогрева применяются электронные регуляторы температуры

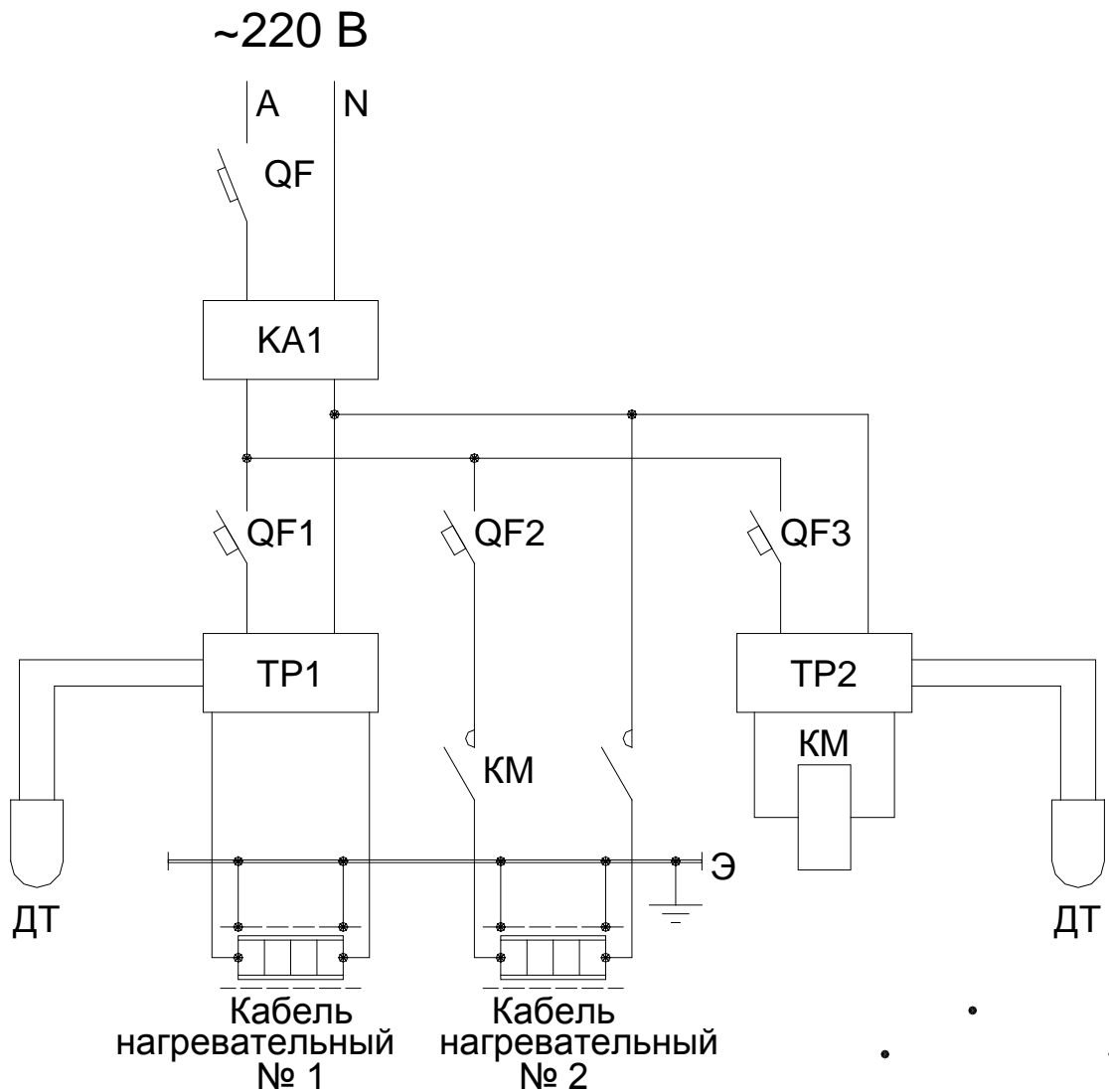
Регулятор температуры осуществляет управление обогревом, обеспечивая точное и оптимальное регулирование температуры как в отношении комфорта, так и в отношении экономии энергии. Датчик терморегулятора измеряет температуру пола. Электрический сигнал от датчика температуры поступает в регулятор. Электронная схема сравнения регулятора сравнивает температуру реальную, измеряемую датчиком, с температурой, установленной на регуляторе пользователем. При рассогласовании температур более $0,3 \dots 0,6 \text{ °C}$ терморегулятор включает обогрев.

Существует большое разнообразие регуляторов температуры. Одни решают только задачу поддержания комфортной температуры, другие модели могут включать в себя дополнительно функции понижения температуры (экономичный режим), ограничения температуры и защиты от перегрева, функции таймера. Дополнительные функции делают систему обогрева более экономичной, защищают нагревательный кабель и покрытие пола от перегрева.

В качестве примера приведем терморегулятор, выпускаемый датской фирмой “OJ ELEKTRONIK”. Терморегулятор OTN-1991 принадлежит к семейству регуляторов, используемых в системах подогрева пола или управления иными нагревательными приборами. Терморегулятор имеет элегантный вид, малые габариты, устанавливается в стандартную монтажную коробку на стене. На лицевой панели регулятора имеются двухпозиционный переключатель Вкл./Выкл., ручка задатчика температуры и светодиод, сигнализирующий о включении обогрева. Ток нагрузки регулятора – 16 А (3600 Вт), диапазон регулирования температуры $+5 \dots +4 \text{ °C}$. Регулятор комплектуется датчиком температуры пола.



Принципиальная электрическая схема управления электрической кабельной системой обогрева приведена на рисунке:



Если рабочий ток нагревательного кабеля не превышает рабочий ток регулятора, то нагрузка включается напрямую (кабель 1); если превышает, то нагрузка включается через промежуточный магнитный пускатель (кабель 2).



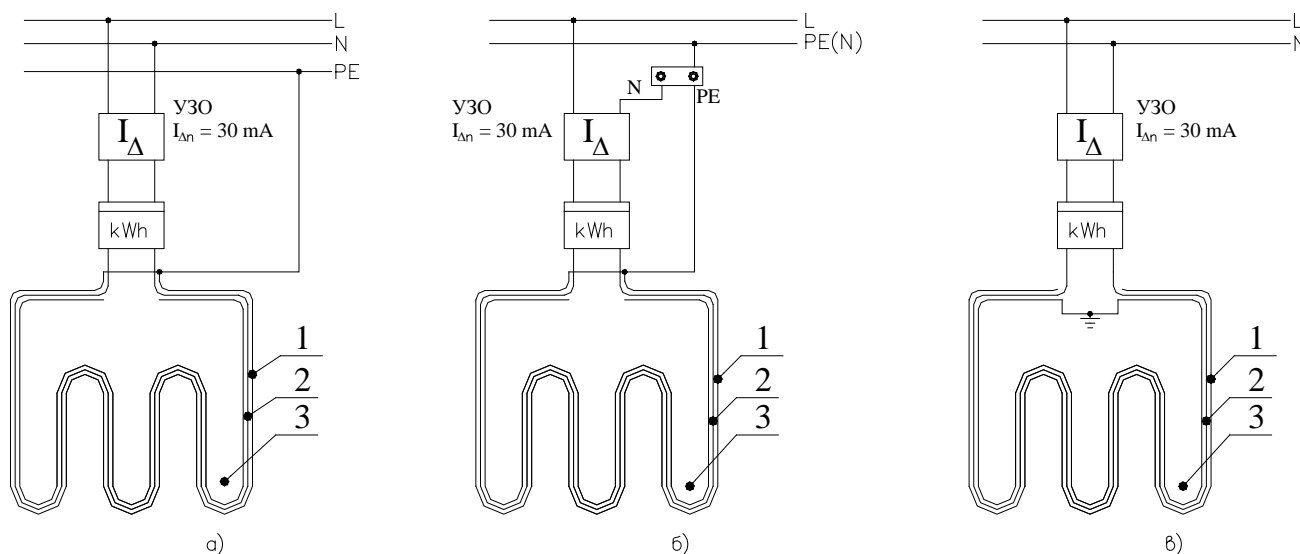
ТРЕБОВАНИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ МЕР ЗАЩИТЫ ОТ ПОРАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ

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

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

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.



Примеры схем подключения к питающей сети ЭКСО (датчики и регуляторы температуры в схемах условно не показаны)

а- схема с отдельной 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 ЭКСО 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.

В качестве защитных аппаратов в ЭКСО 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.

В случае использования ЭКСО с нагревательным элементом без металлической оболочки, с металлической оболочкой, не имеющей наружного изоляционного покрытия или с оболочкой, выполненной из изоляционного материала, в качестве защитных устройств должны применяться только УЗО. Это требование относится также к ЭКСО, подключаемых непосредственно в штепсельную сеть.

Учитывая условия эксплуатации ЭКСО в помещениях ванн, душевых и плавательных бассейнов, при отсутствии у электронагревательных элементов, замоноличенных в пол, металлической оболочки эти элементы должны быть покрыты металлической сеткой с размером отверстий (ячеек) не более 50х50мм, соединенной с дополнительной системой уравнивания потенциалов.

Питание ЭКСО может быть также осуществлено от сети с изолированной нейтралью (сеть с системой заземления типа IT). Учитывая, что устройства защиты от сверхтока и, как правило, УЗО, управляемые дифференциальным током, не способны реагировать на первое замыкание (нарушение изоляции), в таких сетях с ЭКСО в качестве защиты от косвенного прикосновения должны использоваться устройства контроля изоляции.

Как нетрудно убедиться, анализируя вышеизложенное, а также отечественный и зарубежный опыт применения ЭКСО, 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 ЭКСО 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 **30мА** в следующих случаях:

- конструкции, в которых уложены электронагревательные элементы ЭКСО, расположены в сырых помещениях или в помещениях, в которых в нормальном режиме эксплуатации помещений с ЭКСО в них может оказаться влага (ванные, душевые, плавательные бассейны, животноводческие фермы, теплицы и т. п.);
- ЭКСО используются для обогрева открытых пространств, где во время работы ЭКСО могут находиться люди, не относящиеся к обслуживающему персоналу (участки улиц и дорог, спортивные площадки, лестницы и т. п.);
- электронагревательные элементы ЭКСО доступны непосредственному прикосновению;
- ЭКСО используют в производственных помещениях с повышенной пожароопасностью;
- электронагревательные элементы ЭКСО не имеют металлических оболочек;

- ЭКСО включается в штепсельную сеть посредством вилок.

Применение УЗО с $I_{\Delta n}$, не превышающим **300 мА**, представляется обоснованным в случаях:

- ЭКСО расположены в сухих помещениях, но конструкции, в которых уложены электронагревательные элементы, являются электропроводящими;
- электронагревательные элементы ЭКСО уложены в электропроводящем материале (земля, бетон) и служат для обогрева объекта, расположенного на открытом пространстве, при условии, что электронагревательные элементы включаются эпизодически и во время их работы на обогреваемой территории не могут находиться люди, не относящиеся к обслуживающему персоналу (например, обогрев футбольного поля в случае выполнения ограждения и вывешивания предупредительных плакатов);
- металлические оболочки электронагревательных элементов не имеют наружного изоляционного покрытия.

МОНТАЖ НАГРЕВАТЕЛЬНОГО КАБЕЛЯ

На подготовленную поверхность крепится монтажная лента с таким расчетом, чтобы высота петель нагревательного кабеля (расстояние от ленты до верхней точки петли) была 70...100 мм. Расстояние между монтажными лентами должно быть не более 1 метра. Перед креплением монтажной ленты к основанию пола убедитесь, что крепежные элементы (гвозди, дюбеля и т.п.) не повредят коммуникации, заложенные в основание пола.

В пределах полезной площади с рассчитанным шагом устанавливается нагревательный кабель. Монтаж выполняется в соответствии со схемой раскладки нагревательного кабеля (Приложение, рис.1,2), выполненной на этапе проектирования.

Перед установкой кабеля следует измерить его омическое сопротивление.

Не рекомендуется укладывать кабель при температуре ниже -5°C .

При укладке нагревательного кабеля необходимо выполнять следующие требования:

- кабель не должен подвергаться механическому напряжению и растяжению;
- радиус изгиба кабеля не должен быть менее допустимого для данного типа кабеля (обычно минимальный радиус изгиба принимается равным шести диаметрам кабеля);
- нитки кабеля не должны касаться друг друга и тем более пересекаться;
- не перетягивайте нагревательный кабель, не ослабив предварительно его крепления на монтажной ленте; как правило, из-за этого острыми краями монтажной ленты срезается оболочка кабеля;
- расстояние от кабеля до металлических конструкций и электропроводок общего назначения не должно быть менее 50 мм; до незащищенных деревянных конструкций – не менее 10 мм; до элементов других систем обогрева – не менее 500 мм;
- греющая часть кабеля, включая соединительную муфту, должна по всей длине находиться в материале с одинаковыми показателями по теплопроводности;
- соединительные муфты желательно располагать на прямых участках раскладки кабеля.

Для облегчения отыскания места возможного повреждения нагревательного кабеля следует после окончания монтажных работ выполнить исполнительный чертеж (план) раскладки кабеля с указанием мест установки соединительных и концевых муфт, а также датчика температуры.

ЗАПРЕЩАЕТСЯ:

- укорачивать секции нагревательного кабеля, полученные от изготовителя;
- включать в сеть секции нагревательного кабеля, свернутые в бухту, даже кратковременно;
- включать секции нагревательного кабеля в электрическую сеть, напряжение в которой не соответствует рабочему напряжению, указанному на маркировке или упаковке;
- применять кабель, имеющий механические повреждения защитной оболочки;
- прокладывать кабель через “подвижный” шов;
- включать систему обогрева до окончания естественного “схватывания” стяжки (28 дней);

Проверку исправности нагревательного кабеля до и после монтажа следует производить путем измерения сопротивления изоляции, а также омического сопротивления нагревательных жил в холодном состоянии. Также указанные измерения рекомендуется производить сразу после выполнения стяжки и до начала тепловых испытаний.

УСТАНОВКА ДАТЧИКА ТЕМПЕРАТУРЫ

Датчик температуры пола соединяется с регулятором проводом, который при монтаже системы закладывается внутрь гофрированной трубки по всей длине от датчика до регулятора. Нижний конец гофротрубки наглухо закрывается для предотвращения попадания внутрь ее раствора. Датчик устанавливается между нитками нагревательного кабеля на равном расстоянии.

Применение гофрированной трубки позволяет заменять датчик в случае выхода его из строя. Диаметр трубки должен быть не менее 12 мм. Изгибы трубки не должны препятствовать свободной замене датчика.

Рекомендуется датчик температуры располагать как можно ближе к поверхности пола. Для этого нижний конец трубки с датчиком перед заливкой раствором приподнимается на необходимую высоту и фиксируется.

УСТАНОВКА РЕГУЛЯТОРА ТЕМПЕРАТУРЫ

Регулятор устанавливается на стене в удобном для пользователя месте, где исключается попадание внутрь регулятора влаги. При установке системы в помещениях с повышенной влажностью регулятор необходимо выносить за пределы помещения.

ПРИЁМО - СДАТОЧНЫЕ ИСПЫТАНИЯ. ОБЪЁМ И НОРМЫ ИСПЫТАНИЙ.

1. Проверка непрерывности защитных проводников (проверка целостности цепей заземления). Не должно быть обрывов и неудовлетворительных контактов в проводке, соединяющей металлические оболочки кабелей, металлические защитные сетки 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.

2. Измерение сопротивления изоляции. Измерения проводятся мегомметром на напряжение 1000 В. Сопротивление изоляции нагревательных кабелей измеряется между каждой нагревательной жилой и металлической оболочкой (для кабелей без металлической оболочки - между нагревательной жилой и защитной металлической сеткой, соединенной с заземляющим устройством питающей электроустановки), 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.

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-ноль. 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 - ноль" 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 ЭКСО

4. Испытание электрической прочности изоляции. Производится путем измерения одноминутного 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.

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%.

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. Проверка работоспособности системы. Проверка проводится в соответствии с указаниями фирм-изготовителей в зависимости от вида системы обогрева и должна включать проведение тепловых испытаний.

Тепловые испытания полностью смонтированных систем рекомендуется производить в течение не менее четырех часов.

ПРИЛОЖЕНИЕ

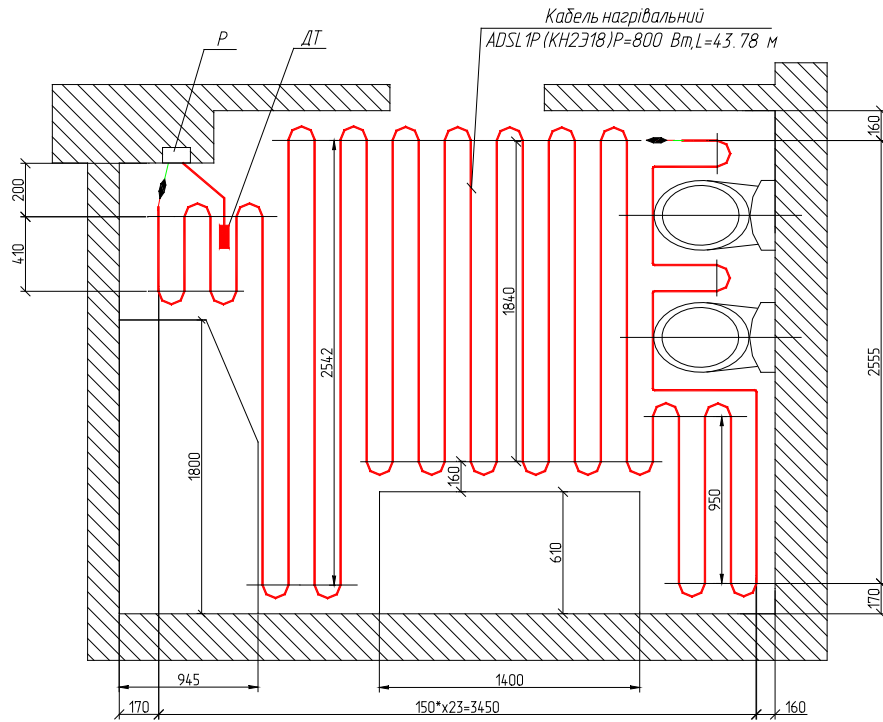


Рис.1. Схема раскладки двухжильного нагревательного кабеля

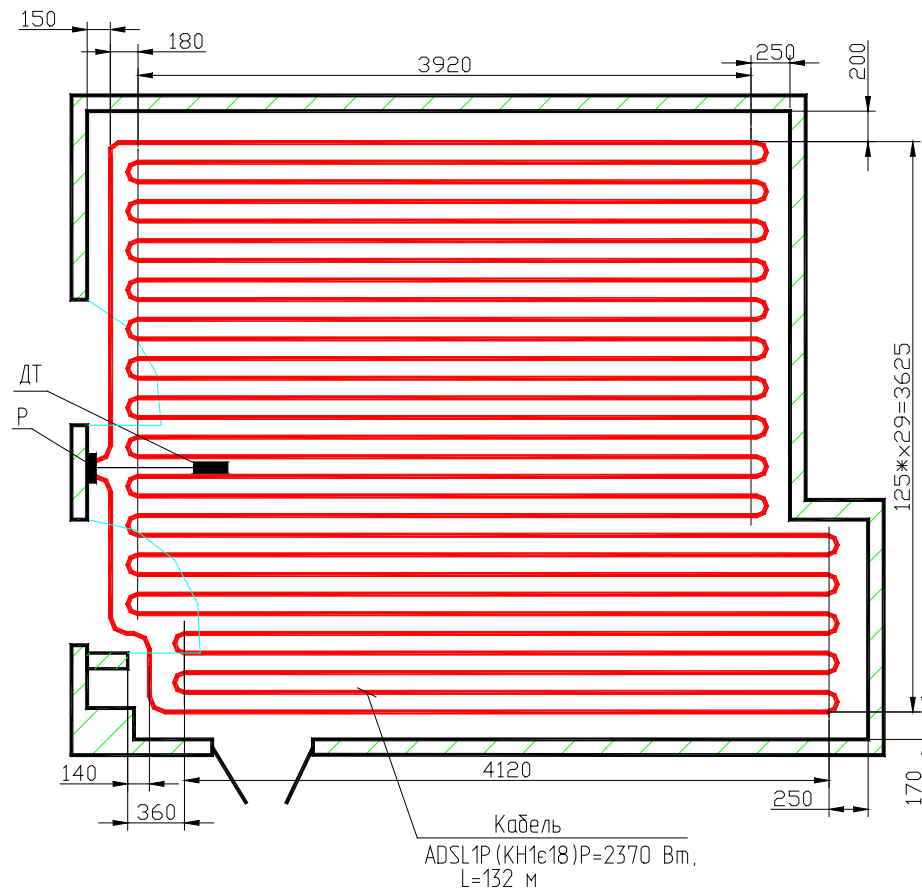


Рис.2. Схема раскладки одножильного нагревательного кабеля



Рис.3. Монтаж нагревательного кабеля



Рис.4. Расположение датчика и соединительных муфт



Рис.5. Крепление нагревательного кабеля к металлической сетке, уложенной поверх теплоизоляционного материала (в данном случае применен фольгированный теплоизолятор). Нагревательный кабель крепится к сетке при помощи пластмассовых хомутиков.



Рис. 6. На теплоизоляционный материал уложена металлическая сетка. Нагревательный кабель крепится к сетке при помощи монтажной ленты. На снимке видны гофротрубка с датчиком и соединительная муфта кабеля.

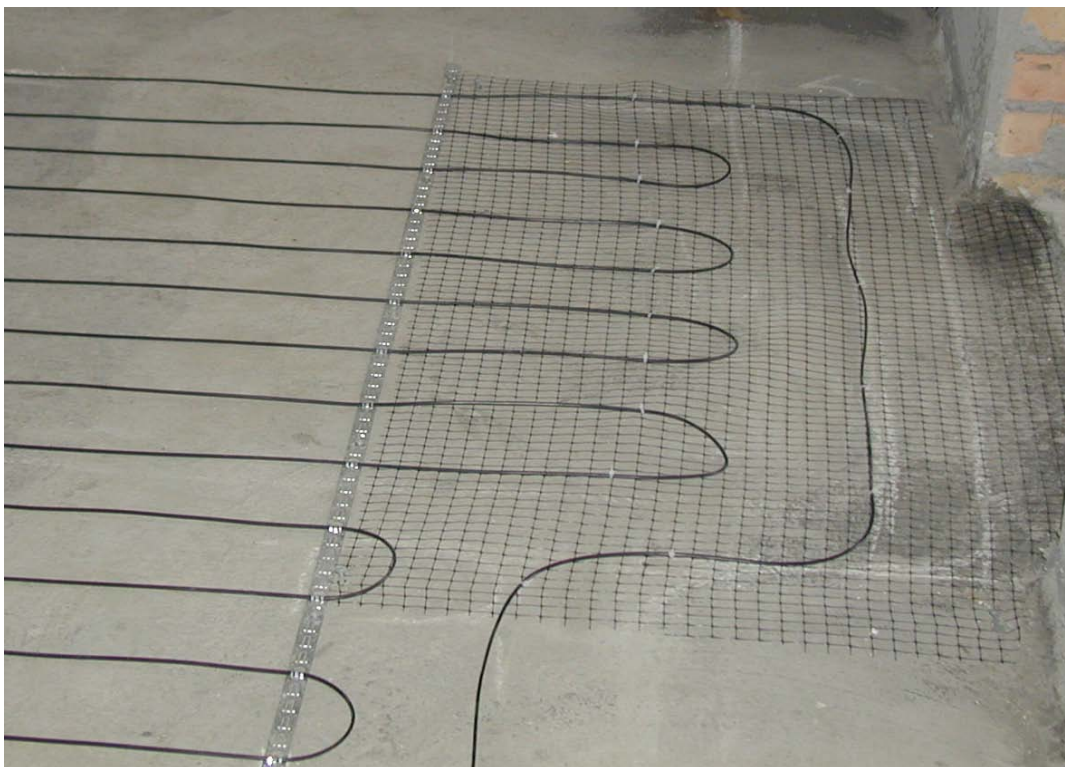


Рис. 7. Коммуникации, заложенные в полу, не позволяют крепить монтажную ленту. Нагревательный кабель раскладывается при помощи пластиковой сетки.



Рис. 8. На кухне кабель уложен на не утепленное основание. Пол лоджии утеплен экструдированным полистиролом. Пол кухни и пол лоджии обогреваются отдельными комплектами кабеля.



Рис. 9. До начала укладки кабеля на полу отмечаются трассы скрытых коммуникаций.



Рис. 10. Гофротрубка с датчиком и монтажные концы нагревательного кабеля закладываются в штрабу в стене и подводятся к регулятору (месту его установки).