

the presence of abrasive inclusions, fibrous particles and other.

For economical solution to the problem of mixing of highly concentrated wastewater using submerged mixers.

Accepted the proposals by modernization process of sewage treatment from phosphate

**Key words:** sewage treatment, biological purification

Дата надходження в редакцію: 15.10.14 р.

Рецензент: д.т.н., професор Філатов Л.Г.

УДК 644.1

## СИСТЕМА ОТОПЛЕНИЯ «ГРЕЮЩИЙ ПОЛ»

И. И. Мордухович

Н. Ф. Гольченко

Предложена новая конструкция системы электроотопления типа «греющий пол» на основе саморегулирующегося кабеля, позволяющая устранить конструктивные недостатки обычной системы аккумуляционного электроотопления.

**Ключевые слова:** система отопления, «греющий пол», отопляемые помещения.

**Введение и постановка проблемы.** Система «греющий пол» – это система отопления, в которой нагревательные элементы расположены в конструкции пола, т.е. эта система с подпольным отоплением.

Такой способ обогрева помещений был известен еще в древности во времени римской империи. Его применяли в римских термах, в которых нагретый воздух циркулировал по специальным каналам в каменном полу.

Аналогичное отопление уже многие столетия является обязательным в турецких банях.

Но до начала XX столетия в так называемом теплом полу теплоносителем служил горячий воздух, который за счет естественной тяги проходил по трубам в полу, отдавая тепло полу с мраморным или гранитным плитам.

В настоящее время система отопления «теплый пол» получила широкое распространение в скандинавских странах (Финляндия, Норвегия, Дания). Здесь их доля составляет от 15 до 50%.

В Украине полы с подогревом практически стали внедряться в начале 90-х годов прошлого столетия. Для обогрева помещений находят применение электрические теплые полы, которые представляют собой нагревательные кабели, укладываемые, как правило, в стяжку пола и через нее нагревающие материал поверхности. Тепло от пола равномерно распределяется по всему помещению, что создает комфортный микроклимат. Комплект "теплого пола" обычно кроме нагревательного кабеля включает в себя терморегулятор с датчиком температуры пола и воздуха, пластиковые монтажные направляющие, теплоизоляцию (листовая или рулонная пробка), тепловыравнивающий экран (алюминиевая фольга), штатив (держатель датчика), которые существенно удорожают устройство. Кроме этого необходимо отметить, что мон-

таж и ремонт теплых полов весьма трудоемкий процесс.

Несмотря на достаточно широкое распространение, простоту в эксплуатации, малые затраты при изготовлении, рассмотренные устройства для электрообогрева имеют ряд существенных недостатков. Так, применение резистивных неподвижных нагревательных элементов связано с наличием опасных для жизни человека токов утечки, возникающих при появлении трещин на наружной оболочке нагревательных элементов; водонагревательные установки с такими нагревательными элементами имеют низкий класс электробезопасности, низкую надежность и требуют дополнительных затрат на мероприятия по охране труда и технике безопасности. Они характеризуются сложным процессом изготовления для уменьшения габаритов нагревательных элементов и отсутствием возможности простого в реализации эффективного энергосберегающего регулирования.

**Целью статьи** является оценка спроса на систему «греющий пол» и эффективности ее применения.

**Основная часть.** Система «греющий пол» создается за счет тепловой энергии, передаваемой теплоносителем по расположенным в конструкции пола полимерным трубам или за счет электроэнергии, поступающей в электрический кабель, выполняющий функцию нагревательного элемента. Для того, чтобы отдача от нагревательных элементов была максимальной конструкция пола должна отвечать определенным требованиям.

Подпольное отопление применяется для отопления жилых домов, коттеджей, офисов, производственных зданий. Такая система отопления:

- отличается отсутствием отопительных приборов;

- является невидимой, позволяет забыть о громоздких и портящих интерьер радиаторах. Скрытая в полу, она открывает новые возможности расстановки мебели и внутреннего дизайна помещений;

- эстетична и функциональна, обеспечивает равномерное распределение тепла в помещениях по всей их площади. При этом пол всегда сухой и является не охлаждающей, а обогревающей поверхностью, что благоприятно для здоровья человека;

- обеспечивает наиболее благоприятное для человека распределение температуры воздуха в помещении – наиболее теплый воздух внизу помещения на уровне пола;

- создает тот же комфорт при температуре воздуха в помещении на 2 – 3°С ниже, чем при

обычном традиционном отоплении;

- экономит в помещении с подпольным отоплением 15 – 20% потребляемой энергии независимо от применяемого источника тепла.

Радиаторы направляют поток горячего воздуха вверх к потолку, который по мере охлаждения опускается вниз к полу. При подпольном отоплении все тепло поднимается вверх и в этом причина повышенной комфортности в таких помещениях.

Система «греющий пол» вызывает очень слабую циркуляцию воздуха, количество переносимой пыли существенно снижается, что облегчает жизнь больным астмой и аллергией. Система «греющий пол» создает оптимальный тепловой комфорт: тепло для ног, оптимальную температуру для тела и головы, см. рис. 1.

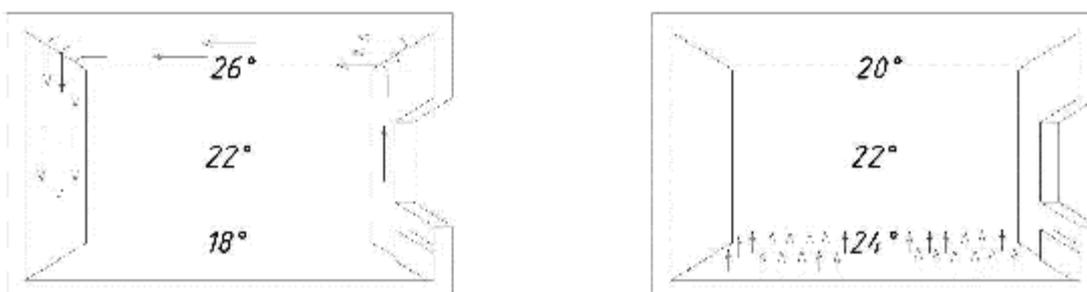


Рис. 1. Система «греющий пол»

**Кабельная система отопления.** Кабельная система отопления состоит из нагревательного кабеля, терморегулятора, обеспечивающего чрезвычайно точную систему регулирования температуры воздуха внутри помещения и мон-

тажной ленты для закрепления кабеля. На рис. 2, 3 представлены полы с греющим кабелем по грунту и на перекрытии в «мокрых и сухих» помещениях.

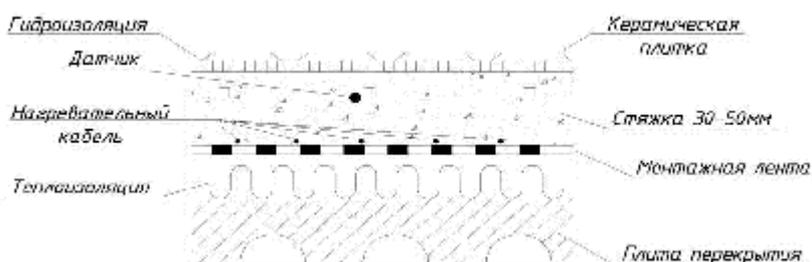


Рис.2. Пол в мокром помещении на перекрытии

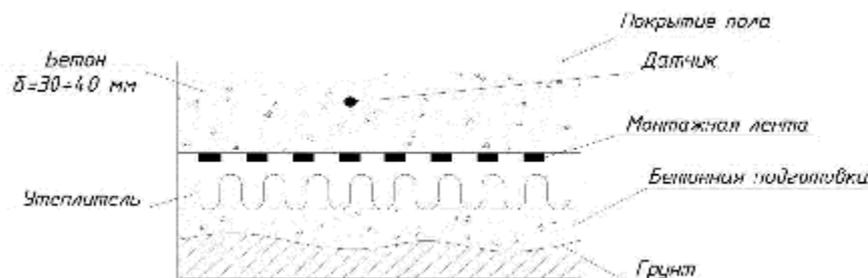


Рис.3. Пол в сухом помещении по грунту

Это экономичная система, при которой поте-

ри тепла в помещении минимальные, т.к. грею-

щий кабель, расположенный в полу, является оптимальным расположением нагревательного элемента с теплотехнической точки зрения.

Преимущества системы следующие:

- **экономичность.** Для создания комфортной среды теплоступления могут быть снижены на 15 – 20%, т.е. эта система потребляет меньше энергии по сравнению с традиционной системой отопления;
- **долговечность.** Срок службы нагревательного кабеля сопоставим со сроками службы здания: срок службы терморегуляторов отвечает сроку службы современной электроники – 10 – 15 лет;
- **отсутствует** необходимость в техобслуживании кабеля;
- **возможна** установка в сочетании практически с любыми типами котлов;
- **создает** теплый и сухой пол, обеспечивая высокий уровень комфорта, препятствует проникновению влажности;
- **создает** равномерный прогрев всего помещения;
- **пониженная** необходимость в вентиляции;
- **высокий** уровень безопасности.

Кабельные системы отопления достаточно экономичны. Они экономят внутреннее пространство помещений, не требуют подведения коммуникаций.

Система «теплый пол» управляется с помощью электронного терморегулятора. Нагревательный кабель рассчитан на срок эксплуатации – не менее 50 лет и выход его из строя практически

невозможен, т.к. этот кабель замоноличен в полу.

Эта система обеспечивает гигиенически благоприятный климат в помещении, где она установлена.

Электрические кабельные системы отопления прямого действия следует проектировать в соответствии с ДБН В.2.5-24-2012 «Электрическая кабельная система отопления».

Система теплый пол включает в себя:

- нагревательный кабель;
- термодатчик;
- терморегулятор.

Нагревательный кабель предназначен для преобразования протекающей по нему электрической энергии в тепло. У нагревательного кабеля почти вся его мощность преобразовывается в тепло.

Важнейшим техническим параметром нагревательного кабеля является удельное тепловыделение, которое, в используемых в кабельной системе отопления кабелях, составляет от 7 до 21 Вт/м. При более высоких значениях удельной мощности сокращается необходимая его длина. Это может вызвать увеличение расстояния между ветвями кабеля и неравномерный нагрев поверхности пола.

Наиболее распространенные два типа нагревательных кабелей для теплого пола:

- одножильный экранированный;
- двухжильный экранированный.

Схемы их укладки разные. Укладывать двухжильный кабель проще, но он несколько дороже одножильного. На рис. 4, 5, 6 представлены схемы укладки кабеля на полу.

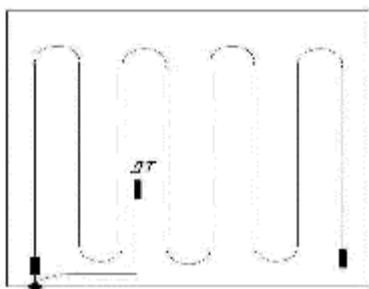


Рис.4 Один двухжильный кабель

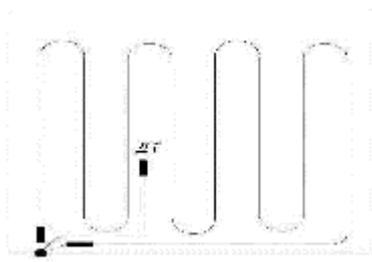


Рис.5 Один одножильный кабель

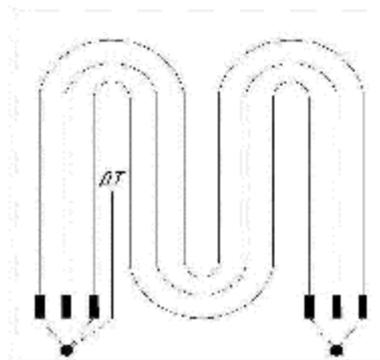


Рис.6 Три одножильные кабеля. Трехфазная система подключения по схеме звезда/треугольник ДТ- датчик температуры пола

Вторым элементом конструкции кабельной системы отопления является терморегулятор. Это прибор для контроля температуры пола или помещения. Он бывает управляемым только вручную или программируемым.

В программируемом терморегуляторе можно задать желательную температуру на неделю. После этого регулятор сам будет корректировать

настройки при изменении внешних условий.

Температуру воздуха в помещении или пола терморегулятор определяет с помощью термодатчиков. Термодатчики могут размещаться между ветвями кабеля для контроля температуры пола. Чаще всего для «теплого пола», который используется для дополнительного обогрева помещения, применяют терморегулятор с датчи-

ками температуры пола. Если помещение обогревается только кабельной системой отопления, то необходимо контролировать общую температуру воздуха в помещении и в этих условиях используются терморегуляторы с датчиком температуры воздуха.

Терморегуляторы, как правило, не должны устанавливаться в помещениях с повышенной влажностью, например, в ванных комнатах. Если принято решение устанавливать терморегулятор во влажном помещении, то такой регулятор должен иметь повышенный класс защиты от влажности.

В полах с покрытием из дерева, ламинированного паркета используют двойную систему контроля с применением датчиков температуры пола и воздуха.

Если бетонное основание ровное, монтировать конструкции такого пола можно без стяжки. Устройство теплоизоляции в полу обязательно, если это пол помещения на первом этаже. Если теплый пол устраивается на перекрытии в многоквартирном жилом доме, то нужно устраивать теплоизоляцию междуэтажного перекрытия, на котором устраивается теплый пол. В коттеджах на перекрытии устройство теплоизоляции – обязательно.

В греющем полу важно обеспечить хорошую теплоизоляцию пола, чтобы свести к минимуму теплопотери под кабелем. Поэтому по несущим элементам перекрытия укладывается утеплитель. Утеплитель должен укладываться между наружной стеной и полом.

Другие зоны охлаждения также должны дополнительно термоизолироваться. Во влажных помещениях в конструкции пола должна предусматриваться гидроизоляция для предотвращения накопления влаги в полу.

В качестве теплоизоляции используется экструдированный пенополистирол или пробковые плиты. Фольга при устройстве кабельной системы отопления не используется.

Толщина тепловой изоляции зависит от назначения перекрытия:

- для перекрытий над обогреваемыми помещениями необходимо применять толщину теплоизоляции, например, пенополистирола не менее 30 мм;

- для перекрытия над необогреваемыми помещениями или в полах на грунте толщина теплоизоляции (например, пенополистирола) должна быть не менее 80 мм.

Толщина бетона над кабелем должна быть не менее 50 мм. В подготовке из монолитного бетона устраивается температурный шов, если размеры помещения по длине более 8 м. Минимальная ширина шва 5 мм.

Нагревательный кабель укладывается в цементную или бетонную стяжку на глубину > 3 ÷ 5 см. Расстояние между линиями кабеля принима-

ется 10 – 20 см, при этом, чем больше расстояние между линиями, тем больше глубина заложения кабеля. Кабель может крепиться к арматурной сетке, укладываемой поверху утеплителя. Минимально допустимый радиус изгиба кабеля – 3 его диаметра.

Для закрепления кабеля с заданным шагом удобно использовать монтажную ленту, которая представляет собой металлические полоски с устройствами крепления.

Датчик температуры в полу размещают в гофрированной трубке между ветвями кабеля. При укладке нагревательного кабеля должно быть исключено продавливание теплоизоляции кабелем.

Когда кабель и термодатчики уложены и закреплены, всю конструкцию заливают цементной стяжкой толщиной 3 – 5 см.

Покрытие пола может быть из плитки (из разных материалов), линолеума, ковролина, из ковровых материалов.

При покрытии из дерева стяжку делают толщиной 20 – 25 мм, но существует при этом ограничение мощности такого пола. Она должна быть в пределах 30 – 40 Вт/м<sup>2</sup>. Ламинированный паркет не должен нагреваться выше 26<sup>0</sup>С. Паркет должен иметь влажность 6 – 7%. Нагревательный кабель можно включать только после окончательного твердения стяжки. Для цементной стяжки – не ранее 20 дней, для бетонной – 28 суток.

Греющий пол может устраиваться в помещениях, имеющих традиционную систему отопления и в помещениях полностью отапливаемых с помощью кабеля.

Перед окнами и дверями рекомендуется устанавливать повышенную мощность отопления по сравнению с остальной площадью, чтобы отсесть снижающие потоки холодного воздуха. В таких зонах устанавливается отдельный терморегулятор с датчиками температур пола и воздуха. Это позволяет ограничить количество тепла, производимого в этой зоне и избежать перегрева.

Во всех случаях, проектируя кабельную систему отопления, следует учитывать площадь пола, занятую мебелью, ванными и т.п. В этих зонах греющий кабель не укладывается и поэтому необходимо компенсировать «занятую» площадь соответствующим увеличением мощности на свободной площади.

В ванных комнатах желательна высокая температура пола и поэтому там укладывается кабель мощностью 100 Вт/м<sup>2</sup> и выше.

В домах старой постройки с низким уровнем теплоизоляции пола рекомендуется укладывать кабель мощностью не менее 150 Вт/м<sup>2</sup>, что не скажется на электропотреблении, т.к. система отопления управляется терморегуляторами. Высокая мощность кабеля позволит быстро нагреть

пол и оперативно реагировать на внешние температурные факторы.

Электронные терморегуляторы обеспечивают своевременное и оптимальное управление кабельными системами. Все терморегуляторы могут автоматически понижать температуру на 5<sup>0</sup>С, например, ночью, без изменения установки температуры на терморегуляторе.

В мокрых помещениях обычно устраивают пол из плиточных материалов, который обладает высокой гигиеничностью, прочностью, долговечностью, легко убирается. Однако это так называемый «холодный пол». Ведущие компании предлагают для таких полов обогревательные маты, укладываемые непосредственно под плиточным

полом и даже по существующему покрытию из плиточных материалов. Комплект состоит из обогревательного мата и терморегулятора с датчиком температуры пола. Разложенные маты прикрепляются к полу липкой лентой или термоклеевым пистолетом.

По своей сути нагревательные маты – это одножильный или двухжильный нагревательный кабель, закрепленный на пластиковой сетке. Он разработан специально для реконструкции пола с минимальной строительной высотой. Его удобно раскладывать в необходимых местах. Он не требует заливки стяжки. Достаточно уложить плитку толщиной 6 мм на мастику (рис. 7).

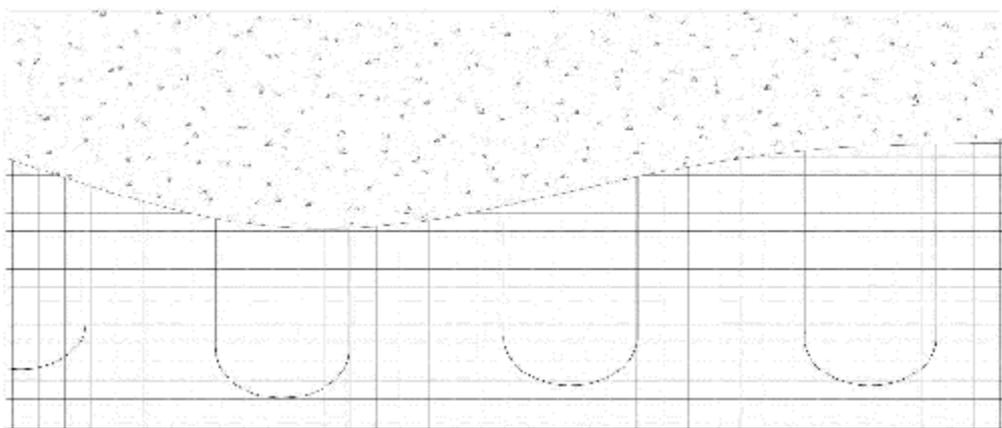


Рис. 7. Фрагмент пола с обогревательным матом

Если такие маты используются для реконструкции существующего пола, то после реконструкции он становится теплым при небольшом расходе электроэнергии.

Обогревательные маты имеют мощность 150 Вт/м<sup>2</sup>, но они включаются по мере необходимости и поэтому этот обогрев имеет минимальные эксплуатационные затраты, но вместе с тем

обеспечивает комфорт в ванных комнатах, на верандах, где они чаще всего применяются.

Эффективность подпольного отопления зависит от мощности кабеля, его шага и материала покрытия пола.

Обычно рассматривают четыре основных типа покрытий в зависимости от сопротивления теплопередаче (табл. 1)

Таблица 1:

№ п/п	Сопротивление теплопередаче, м <sup>2</sup> ·°С/Вт	Тип покрытия пола
1.	0,02	Керамика, глазурь, бетон
2.	0,075	Синтетические материалы
3.	0,1	Паркет и ковер средней толщины
4.	0,15	Толстый паркет, толстый ковер

Важным показателем, «греющего пола» (кабельного отопления) является температура на его поверхности, которая в зависимости от назначения помещения устанавливается следующей:

- жилые помещения – 29<sup>0</sup>С;
- помещения временного пребывания людей (ванные комнаты, туалеты) – 35<sup>0</sup>С;
- пристенные граничные зоны – 36<sup>0</sup>С.

Подпольное отопление является низкотемпературным.

**Расчет кабельной системы отопления.**

Расстояние между линиями кабеля определяется

по формуле:

$$A = Q_k / Q_n, м \quad (1)$$

$$A = F_{пол} / L_{каб}, м \quad (2)$$

где: Q<sub>к</sub> – мощность на 1 погонный метр кабеля, Вт/м;

Q<sub>н</sub> – требуемая мощность на 1 м<sup>2</sup> свободной площади;

F<sub>пол</sub> – площадь отапливаемого помещения, незагроможденная постоянно расположенным оборудованием или мебелью, м<sup>2</sup>;

L<sub>каб</sub> – длина укладываемого в пол кабеля, м.

В табл. 2 приведены расстояния между линиями кабеля при различной его мощности обогрева на м<sup>2</sup>.

Таблица 2:

Мощность 18 Вт, напряжение 220 В		Мощность 10 Вт, напряжение 220 В	
Мощность кабеля на 1 м <sup>2</sup>	Шаг между линиями кабеля, см.	Мощность кабеля на 1 м <sup>2</sup>	Шаг между линиями кабеля, см.
50	33,1	50	18,0
75	22,0	75	12,0
100	16,5	100	9,0
125	13,2	125	7,2
150	11,0	150	6,0
175	9,5	175	5,2
200	8,3	200	4,5

При расчете тепловой мощности принимается коэффициент запаса 1,2 для обеспечения быстрой и эффективной реакции системы на понижение наружной температуры.

$$Q_{\text{ч}} = \frac{Q * T_{\text{и}} * K}{T_{\text{н}}} \quad (3)$$

где: -  $T_{\text{и}}$  – время использования, 24 ч.;  
 -  $Q$  - теплопотери;  
 -  $Q_{\text{ч}}$  – требуемая часовая мощность;  
 -  $K$  – коэффициент запаса, 1,2;  
 -  $T_{\text{н}}$  – время производства тепла, час.

**Пример 1.**

а) Производство тепла организуется только в ночной период, когда действует льготный тариф за электроэнергию

Рассмотрим здание старой постройки с удельными потерями тепла 30 Вт/м<sup>3</sup>, в котором в гостиной площадью 20 м<sup>2</sup> (высота помещения 3 м.) укладывается греющий кабель.

Теплопотери в гостиной  $Q = 20 * 3 * 30 = 1800$  Вт.

Необходимая мощность кабеля:

$$Q_{\text{ч}} = \frac{1800 * 24 * 1,2}{7} = 7406 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{ч}} = \frac{7406}{20} = 370,3 \text{ Вт/м}^2$$

Эта мощность превосходит приведенную в табл. 1. Поэтому рассмотрим иной режим отопления.

б) Принимаем, что тепло будет производиться в льготный период и в течение 5 часов полупикового периода, т.е. в течение 12 часов.

Необходимая часовая мощность:

$$Q_{\text{ч}} = \frac{1800 * 24 * 1,2}{12} = 4320 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{ч}} = \frac{4320}{20} = 216 \text{ Вт/м}^2$$

или

При мощности кабеля 175 Вт/м<sup>2</sup> на 20 м<sup>2</sup> может быть установлена 3500 Вт. Это означает, что необходимо установить дополнительную мощность: 4320 – 3500 = 820 Вт.

Хорошим решением в данном случае является установка системы прямого действия в зоне охлаждения перед окном. Поскольку в этой зоне будет система прямого действия, а не аккумуляция тепла, мощность 820 Вт, рассчитанная на

накопление тепла, должна быть переведена в мощность для системы прямого действия, т.е. должно быть определено эквивалентное количество теплопотерь:

$$K * Q_1 = Q_{1\text{ч}} \frac{T_{\text{и}}}{T_{\text{н}}}$$

$$820 = Q_{1\text{ч}} \frac{24}{12}$$

$$Q_{1\text{ч}} = 410 \text{ Вт}$$

Принимаем мощность греющего кабеля 80 Вт/м<sup>2</sup>.

Площадь систем прямого действия для компенсации 420 Вт теплопотерь при принятой единичной мощности системы составит:  $F = 410 / 80 = 5,1 \text{ м}^2$ .

Это значит, что на участке 5,1 м<sup>2</sup> укладывается греющий кабель мощностью 80 Вт/м<sup>2</sup>. Этот участок располагается обычно перед окном или дверью, т.к. прилегающие к нему зоны подвержены воздействию холода и участок прямого действия будет ему противостоять. Толщина стяжки на этом участке должна быть не более 4 см. для того, чтобы обеспечить быструю реакцию системы на изменение температуры.

Кабели для аккумуляции тепла и для прямого действия закладываются в стяжку на разных уровнях и не должны соприкасаться.

**Пример 2.**

Кухня площадью 12 м<sup>2</sup> со свободной площадью 9 м<sup>2</sup>. По теплотехническому расчету теплопотери составляют 75 Вт/м<sup>2</sup>.

Общие теплопотери:  $Q = 75 * 12 = 900$  Вт.

При мощности греющего кабеля 175 Вт/м<sup>2</sup> и продолжительности отопления 12 часов в сутки необходимая мощность греющего кабеля:  $(900 * 24 * 1,2) / 12 = 2160$  Вт

Мощность 2160 Вт укладывают на площади 9 м<sup>2</sup>, т.е. необходимо 240 Вт/м<sup>2</sup>.

При принятой мощности греющегося кабеля и свободной площади помещения 9 м<sup>2</sup> всего возможно установить  $175 * 9 = 1575$  Вт. Разница между требуемой мощностью и мощностью укладываемого кабеля:  $2160 - 1575 = 585$  Вт.

Для системы прямого действия необходимая мощность:  $585 / 2 = 292,5$  Вт.

В данном случае возможна установка у окна дополнительного греющего кабеля мощностью

300 Вт или радиатора той же мощности.

**Греющий пол с теплоносителем вода в полимерных трубах.** Такое подпольное отопление является низкопотенциальным с температурой теплоносителя  $T_1 - T_2$  по графику  $55^{\circ}\text{C} - 45^{\circ}\text{C}$  или  $45^{\circ}\text{C} - 35^{\circ}\text{C}$ .

Теплоноситель с такими параметрами получают непосредственно от теплового насоса или через специальный смеситель, снижающий параметры теплоносителя с  $95 - 70^{\circ}\text{C}$  на более низкие. Наиболее распространенные для такого пола полимерные трубы.

Для труб используется полипропилен (PP), полиэтилен LPE, PE-Xc или VPE-c (полиэтилен сшитый с измененной молекулярной решеткой), полихлорвинил PVC и полихлорвинил хлорированный PVC-C, полибутилен PB.

Все эти материалы имеют схожие свойства по отношению к температуре и давлению жидкости в них, но отличаются способами создания изделий. Соединение труб между собой может осуществляться как с помощью зажимных латунных соединителей с цельным или разрезанным кольцом, так и с помощью клея.

В многоквартирных домах стояки чаще всего выносят в лестничную клетку, откуда ведут разводку через шкаф с n-отводным распределителем или используют двухтрубную систему в горизонтальной петле.

Последнюю рационально использовать в случае применения соединителей, которые можно забетонировать в толще пола или стены.

В системе KAN предлагаются компенсационные муфты диаметром  $20 \pm 110$  мм, используемые, как для компенсации тепловых удлинений, так и для создания неподвижных опор на трубопроводах.

Если не принимать во внимание экономию энергии при производстве полимерных труб по сравнению с металлическими, то можно выделить следующие энергосберегающие аспекты:

- экономия энергии при использовании подпольного отопления по сравнению с традиционным – 15%;

- 50 – летняя гарантийная эксплуатация трубопроводов без замены и ремонта. Отсутствие

коррозии, отложения солей, необходимости покраски;

- конструкция элементов и технология их соединения обеспечивает уменьшение сопротивления току воды. (Ток воды полным сечением);

- отсутствие шероховатости внутренних поверхностей труб, уменьшается сопротивление току воды, что позволяет уменьшить диаметр трубопроводов;

- не менее чем на 30% сокращаются трудозатраты на монтаж полимерных систем по сравнению со стальными трубами, отсутствует сварка;

- высокая термическая изоляционная способность. Можно значительно уменьшить толщину слоя термоизоляции труб;

- относительно невысокая и стабильная цена материалов;

- многократное уменьшение количества стояков в квартирах;

- наличие в системе регулирующих термостатических вентилей, а также термоголовок к ним.

Полимерные трубы укладываются на теплоизоляционный слой, который, в свою очередь укладывается на настил перекрытия или на монолитную подготовку под полы. Толщина тепловой изоляции зависит от назначения перекрытия:

- для перекрытий над обогреваемым помещением необходимо принимать толщину пенопласта не менее 3 см;

- для перекрытий над необогреваемыми помещениями или в полах на грунте толщина пенопласта должна быть не менее 5 см.

Толщина бетона над трубой должна быть не менее 5 см., а от поверхности пенопласта толщина бетона должна составлять 65 мм.

Покрытие пола существенно влияет на тепловую эффективность нагревателя. В системе KAN – therm выделяют четыре основных типа покрытий в зависимости от сопротивления теплопередаче. Для каждого типа рассчитаны соответствующие показатели, принимаемые при расчете системы "греющий пол" (см. таб. 1).

Конструкция теплого пола представлена на рис. 8.

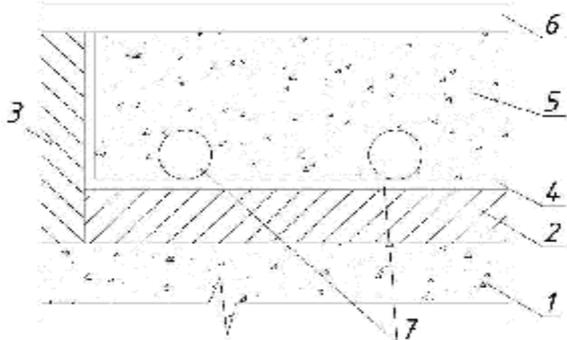


Рис. 8. Конструкция теплого пола

- 1 - покрытие;
- 2 - термоизоляция;
- 3 - полоса краевой термоизоляции;
- 4 - гидроизоляция;
- 5 - монолитный бетон;
- 6 - покрытие пола;
- 7 - труба с теплоносителем.

Плотность укладки труб зависит от температуры внутри помещений, принятых параметров теплоносителя T1 и T2, затрат тепла на обогрев помещений, требуемой производительности «греющего пола» и от типа покрытия пола.

У внешних стен рекомендуется сгущать шаг труб с целью увеличения температуры пола и тепловой производительности в местах, где имеются наибольшие затраты тепловой энергии. Перед бетонированием труб проводят их гидравлические испытания давлением 6 атм. в течение 24 часов. При бетонировании трубы должны находиться под давлением 3 атм.

Запуск в эксплуатацию оборудования производится после набора бетоном 100% прочности через 28 суток. При этом начальная температура воды не должна превышать 20°C и ежедневно должна повышаться на 5°C, пока не будет достигнута температура T1, на которую рассчитана система. В подготовке из монолитного бетона устраивается температурный шов, если размеры помещений по длине больше 8 м. Минимальная ширина шва 5 мм. Трубы отопления в месте шва укладываются в предохранительных трубах длиной 500 мм – по 250 мм в каждую сторону от оси шва.

**Расчет отопительной системы греющего пола.** Определение тепловых потерь здания должно производиться в соответствии с ДБН В.2.6-31:2006 с изм. № 1 от 1.07.2013 г. «Тепло-

вая изоляция зданий».

Сопrotивление теплопередаче, м<sup>2</sup>.°C/Вт, ограждающей конструкции определяется:

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_B} + R_K + \frac{1}{\alpha_H} \quad (4)$$

где:  $\alpha_B$  – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, Вт/м<sup>2</sup>.°C, принимаемый 8,7 – для стен и полов, гладких потолков;

$\alpha_H$  – коэффициент теплоотдачи для зимних условий наружной ограждающей конструкции, Вт/м<sup>2</sup>.°C, принимаемый 23 для наружных стен, покрытий, перекрытий над проездами;

$R_K$  – термическое сопротивление ограждающей конструкции, м<sup>2</sup>.°C/Вт:

$$R_K = \sum R_i \quad (5)$$

где:  $R_i$  – термическое сопротивление  $i$  слоя ограждающей конструкции, м<sup>2</sup>.°C/Вт, определяемое по формуле:

$$R_i = \delta / \lambda \quad (6)$$

где:  $\delta$  - толщина слоя, м;

$\lambda$  - теплопроводность материала, Вт/м<sup>2</sup>.°C.

Для стены из красного и силикатного кирпича на цементно-песчаном растворе оштукатуренной с внутренней стороны известково – песчаным раствором  $\delta = 20$  мм, сопротивление теплопередаче приведено в таблице 3.

Сопrotивление теплопередаче, Вт/м<sup>2</sup>.°C.

**Таблица 3:**

	Стена из красного кирпича со штукатуркой известково-песочным раствором		Стена из силикатного кирпича со штукатуркой известково-песочным раствором	
	$\delta = 510$	$\delta = 640$	$\delta = 510$	$\delta = 640$
$R_K$	0,654	0,815	0,61	0,761
$R_0$	0,817	0,978	0,773	0,924

Условно все здания можно разделить на слабо, средне и хорошо утепленные.

В таблице 4 приведены сопротивления теплоотдаче и коэффициенты теплопроводности основных ограждающих конструкций для вышеприведенных трех групп зданий и оценочные потери тепла для расчета отопления.

Существующие ныне здания постройки до 1995 г. со стенами без утеплителя являются слабо утепленными. Оценочные потери тепла помещений можно принимать по формуле:

$$Q = V \times g \text{ (Вт)}, \quad (7)$$

где:  $V$  – кубатура помещений, м<sup>3</sup>;  $g$  – оценочные потери тепла.

**Таблица 4:**

Тип ограждающих конструкций	Здание слабо утепленное		Здание средне утепленное		Здание хорошо утепленное	
	$K$ Вт/м <sup>2</sup> .°C	$R$ м <sup>2</sup> .°C/Вт	$K$ Вт/м <sup>2</sup> .°C	$R$ м <sup>2</sup> .°C/Вт	$K$ Вт/м <sup>2</sup> .°C	$R$ м <sup>2</sup> .°C/Вт
Стены наружные	< 1	< 1	0,4 ÷ 1,0	1 ÷ 2,5	< 0,33	> 3
Стены внутренние межкомнатные	≤ 3	< 0,33	≤ 3,0	> 0,33	≤ 3,0	> 0,33
Перекрытие над неотапливаемым подвалом	> 1	< 1	1 ÷ 0,4	1 ÷ 2,5	0,33<	>3,0
Перекрытие под кровлей или неотапливаемым чердаком	> 0,5	< 2	0,3 ÷ 0,5	2 ÷ 3,5	< 0,22	>4,5
Оценочные потери тепла на 1 м <sup>3</sup> здания, Вт/м <sup>3</sup>	30 ÷ 35		25 ÷ 30		15 ÷ 18	

Например, для 1 м<sup>2</sup> существующего жилого помещения высотой 2,7 м оценочные потери с 1 м<sup>2</sup> в год составляют:

1 x 2,7 x 30 = 81 Вт при максимальной отрицательной температуре –24°C. Средние годовые потери тепла составят:

$$81 \times 24 \times 195 \times \frac{18 + 2,5}{(18 + 24)} = 185 \text{ Квт/год}$$

где: 24 x 195 - продолжительность отопительного периода в градусо - часах;  
20,5 – средний температурный перепад за отопительный период,  $(t_{вн} - t_{ср.о})$ , °С;  
42 – максимальный температурный перепад в отопительный период,  $(t_{вн} - t_{р.о})$ , °С.

Потери напора  $\Delta P$  в трубопроводах определяют по формуле:

$$\Delta P = L \times R + \sum \xi \times Z \quad (8)$$

где: L – длина трубопровода, м;

R – единичные потери давления, Па/м, принимаемые по справочным данным;

$\sum \xi$  - сумма коэффициентов местных сопротивлений;

Z - потери давления для  $\sum \xi = 1$  при данной скорости воды в трубопроводе, Па.

Эффективность подпольного нагревателя зависит от средней температуры воды в нем, шага труб и материала покрытия пола.

Требуемый поток тепла  $g$  (Вт/м<sup>2</sup>) определяется по теплотерям помещения Q (Вт) и по площади пола F [Вт/м<sup>2</sup>] по формуле:

$$g = Q / F \text{ [Вт/м}^2\text{]} \quad (9)$$

Количество воды, необходимой для отопления, определяют по формуле:

$$m = \frac{1,1 \times Q}{4190 \times (t_1 - t_2)}, \text{ кг/сек.} \quad (10)$$

где:  $t_1$  – температура теплоносителя в подающей магистрали;

$t_2$  – температура теплоносителя в обрат-

$$m = \frac{1,1 \times 1620}{4190 (55 - 45)} = 0,0425 \text{ кг/сек. или } 153 \text{ Вт/час}$$

Единичные потери напора в пластиковой трубе  $\varnothing 18 \times 2$  при  $m = 164,16$  кг/час;  $R = 130$  Па/м при  $V = 0,3$  м/сек.

Потери напора во всей спирали:

$$\Delta P = 70 \times 130 = 18200 \text{ Па} = 18,2 \text{ КПа} = 1,93 \text{ м.в.столба.}$$

Помещение 20 м<sup>2</sup> необходимо заполнить спирально с шагом 0,15 м.

**Выводы.** Из проведенных расчетов следует, что данная система соответствует всем требованиям и нормам, а также является хорошей альтернативой обычной конструкции аккумуляторного “теплого пола” на основе нагревательного кабеля. Кроме этого, она расширяет сферу применения систем электрообогрева за счет более энергоэкономичного нагрева и может быть ис-

ной магистрали.

Потери напора в греющей спирали определяются по формуле:

$$\Delta P = L W \times R, \text{ (Па)} \quad (11)$$

где:  $L_w$  – необходимая длина спирали

i:

$$L W = F / v, \text{ (м)} \quad (12)$$

где: F – площадь пола, м<sup>2</sup>;

v – расчетный шаг спирали, м.

В случае превышения допустимой температуры пола необходимо выбрать более низкую среднюю температуру теплоносителя -  $(t_1 + t_2) / 2$ .

Рассмотрим пример расчета греющего пола.

### Пример 3.

Жилое помещение площадью 20 м<sup>2</sup>, высотой 2,7 м в жилом доме старой постройки с внутренней температурой воздуха 20°С, покрытие пола ковер:

$$Q = 20 \times 2,7 \times 30 = 1620 \text{ Вт.}$$

Для коврового покрытия  $R_w = 0,1 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$ .

Требуемый поток тепла:  $g = 1620 / 20 = 81 \text{ Вт/м}^2$

Принимаем  $t_1 = 50^\circ\text{C}$ ;  $t_2 = 40^\circ\text{C}$ , следовательно,  $t_s = 45^\circ\text{C}$ .

Для коврового покрытия:  $K_{ц} = 0,1 \text{ м}^2 \cdot \text{°С /Вт}$ .

При  $t = 20^\circ\text{C}$  по величине  $g = 81 \text{ Вт/м}^2$  по соответствующей таблице получаем  $v = 0,1 \text{ м}$ ;  $t_f = 27,4^\circ\text{C}$ .

При теплоносителе 55 – 45°С шаг может быть увеличен до 15 см.

Длина спирали  $20/0,15 = 140 \text{ м}$ .

Поток воды через спираль:

пользована при любых покрытиях поверхности пола.

Для широкого внедрения электрообогрева помещений необходимо решить задачи определения оптимальных конструктивных параметров каждого отдельного элемента и параметров системы в целом. Необходимо определить наиболее приемлемые материалы как по цене, так и по тепловым свойствам. Поскольку электрокабельные системы отопления используют электроэнергию в больших объемах, то обеспечение эффективности электроснабжения таких систем является задачей, требующей специального подхода и решения.

### Список использованной литературы:

1. ДБН В.2.6-31:2006 зі змінами № 1 від 1 липня 2013 р. «Теплова ізоляція будівель».
2. ДБЕ В.2.5-24-2013 «Електрична кабельна система опалення».

3. ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

**Мордухович І.І., Гольченко М.Ф. СИСТЕМА ОПАЛЕННЯ «ГРІЮЧА ПІДЛОГА»**

Запропоновано нову конструкцію системи електроопалення типу "гріюча підлога" на основі саморегульованого кабелю, що дозволяє усунути конструктивні недоліки звичайної системи акумуляційного електроопалення.

**Ключові слова:** система опалення, «гріюча підлога», опалювальні приміщення.

**Morduhovich I.I., Golchenko M.F. THE SYSTEM OF THE HEAT-INSULATED FLOOR**

The system of the "heat-insulated" floor is known during enough long time, but a wide distribution have started to receive presently, especially in the countries of the western Europe. In Ukraine this system have started to be applied since ninetieth years of last century. The system of the "heat-insulated" floor functions through the thermal energy transferred by heat-carrier, located in the pipes inside floor structures. Sometimes it can be energy of the electrical power, arriving in an electric cable, carrying out function of the heating element.

Advantages of the "heat-insulated" floor system:

- absence of any heating devices;
- provides optimum conditions for the person by optimum distribution of the air indoors: the warmest air settles down in the bottom of a premise, at the floor level;
- saves 5-20% of the consumed electric power irrespective of an applied source of heat;
- an aesthetics and functionality;
- durability;
- the-lowered requirement fir ventilation;
- high level of safety.

This system provides hygienically favorable climate indoors where it is established.

Electronic temperature regulators provide timely and optimum control of the cable systems.

Advantages of the "heat-insulated" floor systems with the water heat-carrier in the polymeric pipes:

- a fifty years' guarantee of operation of pipelines without replacement and repair;
- reduction of labour expenses for installation of polymeric system in comparison with the steel pipes not less, than on 30%;
- rather low and stable price of materials;
- essential reduction of vertical distributive pipes in apartment.

At the territory of the Sumy region the given kind of heating has began the application still in the eighties the last century. It was the device of heating of a floor in the group rooms of preschool institutions (a children's day nursery) and children's homes also. In many preschool institutions these systems work till now.

It is necessary to pay attention to application of the given kin of heating on objects of residential buildings, welfare institutions (preschool institutions, schools, medical institutions) where there are devices of the calculation of the electric power, realising the calculation for two or three zones of the time.

**The key words:** heat carrier, heat energy, heating element, "heat-insulated" floor, thermoregulator.

Дата надходження в редакцію: 15.10.14 р.

Рецензент: д.т.н., професор Філатов Л.Г.

УДК 697.7

## ЛУЧИСТОЕ ОТОПЛЕНИЕ

**И. И. Мордухович**

**Н. Ф. Гольченко**

**В. Б. Ткаченко**

Описаны разработанные усовершенствованные трубчатые инфракрасные нагреватели и методика расчета систем отопления с их использованием.

**Ключевые слова:** энергосбережение, трубчатые инфракрасные нагреватели, интенсивность облучения, рабочая зона.

**Введение и постановка проблемы.** На отопление и горячее водоснабжение ежегодно расходуется не менее 200 млн. т. условного топлива. Затраты на отопление жилых зданий составляют 27 - 30 % от общего потребления тепловой энергии, а затраты на отопление 1 м<sup>2</sup> об-

щей площади жилого здания превышают аналогичный показатель в странах, находящихся в сопоставимых с Россией климатических условиях, в 2,5 - 3 раза.

Это связано с тем, что большая часть существующих зданий имеет невысокие теплозащит-