ПРАВИТЕЛЬСТВО МОСКВЫ	МОСКОВСКИЕ ГОРОДСКИЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ	МГСН 6.2-03 РАЗРАБОТАНЫ ВПЕРВЫЕ

ТЕПЛОВАЯ ИЗОЛЯЦИЯ ТРУБОПРОВОДОВ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

МГСН 6.02-03

(ТСН 41-306-2003 г.Москвы)

ВНЕСЕНЫ	УТВЕРЖДЕНЫ	СРОК ВВЕДЕНИЯ
Москомархитектурой	Правительством Москвы постановлением от 17.02.2004 г. № 92-ПП	в действие с 15.03.2004 г.

gost.e-ecolog.ru

1 РАЗРАБОТАНЫ Государственным унитарным предприятием «Научно-исследовательский институт московского строительства (ГУП «НИИМосстрой») (Петров–Денисов В Г - научный руководитель, Сладков А В) при участии Жолудова В С (концерн «Стерс»), Десятова С В (МЭИ), Шойхета Ь М и Ставрицкой Л В (ОАО «Инжиниринговая компания по теплотехническому строительству «Теплопроект»).

2 ВНЕСЕНЫ Москомархитектурой

3 ПОДГОТОВЛЕНЫ к утверждению и изданию Управлением перспективного проектирования и нормативов и координации проектно-изыскательских работ Москомархитектуры

4 СОГЛАСОВАНЫ Департаментом топливно-энергетического хозяйства города Москвы, Департаментом градостроительной политики, развития и реконструкции города, Управлением научно-технической политики в строительной отрасли, Мосгорэкспертизой, Департаментом природопользования и охраны окружающей среды города Москвы, УГПС МЧС России города Москвы, Центром Госсанэпиднадзора в городе Москве, Главным управление природных ресурсов и охраны окружающей среды МПР России по городу Москве, ФГУП «Центр методологии нормирования и стандартизации в строительстве» Госстроя России

5 ПРИНЯТЫ И ВВЕДЕНЫ В ДЕЙСТВИЕ с 15 03 2004 г. постановлением Правительства Москвы от 17 02 2004 г № 92-ПП

6 Зарегистрированы Госстроем России в качестве территориальных строительных норм – ГСН 41-306-2003 г Москвы (письмо от 18 12 03 № 9-29/995)

Настоящий нормативный документ не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Москомархитектуры

ПРЕДИСЛОВИЕ

Московские городские строительные нормы «Тепловая изоляция трубопроводов различного назначения» (МГСН 6.02-03) разработаны в соответствии с постановлением Правительства Москвы от 09.10.01 № 912-ПП «О городской программе по энергосбережению на 2001-2003 гг. в г. Москве».

Нормы разработаны на основе ГОСТ 30732, теоретических исследований ГУП «НИИМосстрой» и МЭИ по оптимизации норм плотности тепловых потоков через поверхности изоляции трубопроводов и соответствующих расчетов по специальной компьютерной программе.

Совокупность требований настоящего нормативного документа направлена на повышение энергоэффективности теплоизоляционных конструкций трубопроводов систем инженерного оборудования и теплоснабжения зданий и снижение энергопотребления в г. Москве.

1.ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1 1 Настоящие нормы распространяются на проектирование новых и реконструкцию существующих систем инженерного оборудования и теплоснабжения жилых домов и зданий общественного назначения, в том числе и внешние сети

1 2 Нормы обязательны для применения юридическими лицами независимо от организационно-правовой формы и формы собственности, а также иностранными юридическими и физическими лицами, осуществляющими деятельность в области проектирования и строительства на территории г Москвы, если иное не предусмотрено федеральным законом

1 3 Нормы устанавливают обязательные величины плотности теплового потока через поверхность изолируемых трубопроводов, исходя их оптимизации капитальных затрат на теплоизоляцию и стоимости тепла, теряемого ими в окружающую среду в процессе эксплуатации

2. НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящих нормах использованы ссылки на следующие нормативные документы

СНиП 23-01-99 Строительная климатология,

СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» (взамен СНиП П-3-79* «Строительная теплотехника»),

СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование»,

СНиП 41-02-2003 «Тепловые сети»,

СНиП 41-03-2003 «Тепловая изоляция грубопроводов и оборудования»,

СНиП 2 03 11-85 « Защита строительных конструкций от коррозий»,

СП 41-103-2000 «Проектирование тепловой изоляции оборудования и трубопроводов»,

СНиП 2 03 11-85 « Защита строительных конструкций от коррозий»,

ТСН 23-304-99 г Москвы /МГСН 2 01-99 «Энергосбережение в зданиях Нормативы по теплозащите и тепловодоэлектроснабжению» с дополнениями,

ГОСТ 30732-2001 «Трубы и фасонные изделия стальные с тепловой изоляцией из пенополиуретана в полиэтиленовой оболочке Технические условия»

3. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

3 1 Трубопроводы нижеперечисленных систем инженерного оборудования зданий подлежат тепловой изоляции

- отопления и горячего водоснабжения при прокладке в неотапливаемых подвалах, чердаках, в подпольных каналах для обеспечения нормативных тепловых потерь,
- холодного водоснабжения при прокладке в отапливаемых помещениях для исключения конденсации водяных паров из окружающего воздуха на их поверхности,
- кондиционирования при любых способах прокладки для обеспечения нормативных холодопотерь или при прокладке в отапливаемых помещениях для исключения конденсации водяных паров

3 2 Трубопроводы систем централизованного теплоснабжения зданий подлежат тепловой изоляции при всех способах прокладки

3 3 Для тепловой изоляции трубопроводов систем инженерного оборудования и теплоснабжения зданий, как правило, следует применять полносборные или комплектные конструкции, а также трубы с тепловой изоляцией полной заводской готовности

3 4 В качестве теплоизоляционных материалов для изоляции трубопроводов различного назначения сооружаемых в г Москве следует применять материалы с теплопроводностью в сухом состоянии не выше 0,06 Вт/м°С (при 20°С)

4. ТРЕБОВАНИЯ К ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫМ КОНСТРУКЦИЯМ, ИЗДЕЛИЯМ И МАТЕРИАЛАМ

4 1 Теплоизоляционные конструкции следует предусматривать из следующих обязательных элементов

- теплоизоляционного слоя,
- армирующих и крепежных деталей,
- покровного слоя

4 2 В зависимости от температурно-влажностных условий эксплуатации в теплоизоляционных конструкциях используются дополнительные элементы

- при воздействии капельной влаги на наружную поверхность теплоизоляции (атмосферные осадки при надземной прокладке трубопроводов, капель с внутренней поверхности перекрытия канала в зимний период при подземной канальной прокладке) требуется устройство гидроизоляционного слоя, иногда совмещаемого с покровным,
- при температуре поверхности изолируемого объекта ниже температуры окружающей среды, для предотвращения увлажнения изоляции с открыто-пористой структурой (волокнистые материалы и т д), диффундирующим в нее из окружающего влажного воздуха паром необходимо предусматривать пароизоляционный слой

4 3 Для теплоизоляционного слоя трубопроводов отопления и горячего водоснабжения следует применять фасонные изделия в виде цилиндров и полуцилиндров из волокнистых материалов на синтетическом связующем с металлическим покровным слоем, а при использовании пенополиэтилена и пенокаучуков без покровного слоя

4 4 В качестве теплоизоляционного слоя для трубопроводов холодильных установок и воздуховодов систем кондиционирования воздуха следует использовать изделия из пенополиэтилена и пенокаучуков в виде полых цилиндров и листов без покровного слоя (при коэффициенте сопротивления диффузии не мене 3000)

4 5 Для теплоизоляционного слоя трубопроводов холодного водоснабжения обеспечивающего отсутствие конденсации водяного пара на их поверхности следует применять изделия в виде полых цилиндров из вспененного полиэтилена и пенокаучуков без покровного слоя ((при коэффициенте сопротивления диффузии не мене 3000)

4 6 В качестве теплоизоляционного слоя для трубопроводов систем теплоснабжения зданий при наземной прокладке следует использовать

а) индустриальную конструкцию теплоизоляции из пенополиуретана в спиральновитой оболочке из оцинкованной тонколистовой стали,

б) маты прошивные и на синтетическом связующем из негорючих материалов (минеральное и стекловолокно) с металлическим покровным слоем,

в) фасонные изделия из пенополиуретана (цилиндры, полуцилиндры и скорлупы) с металлическим покровным слоем с устройством вставок длиной 3 м из негорючих материалов, не менее чем через 100 м длины теплопроводов,

4 7 При прокладке теплопроводов в подземных проходных и полупроходных каналах, позволяющих осуществлять контроль за состоянием теплоизоляционных конструкций в процессе эксплуатации для устройства теплоизоляционного слоя следует использовать материалы и изделия рекомендуемые СНиП 41-03, но в качестве покровного слоя применять негорючие материалы

4 8 Толщину металлических листов, лент, применяемых для покровного слоя, в зависимости от наружного диаметра изоляции следует принимать по таблице 1

Таблица 1

размеры в миллиметрах

Материал покровного слоя	Толщина листа при диаметре изоляции			
	350 и менее	св 350 до 500	св 600 до 1600	св 1600
Ленты и листы из нержавеющей стали	0,35-0,5	0,5	0,5-0,8	0,5-0,8
Листы из тонколистовой стали, в том числе с полимерным покрытием	0,35-0,5	0,5-0,8	0,8	1,0
Листы из алюминия и алюминиевых сплавов	0,25-0,3	0,3-0,8	0,8	1,0

4 9 Для теплоизоляционных конструкций подвергающихся воздействию агрессивных сред следует предусматривать защиту металлических покрытий от коррозии в соответствии со СНиП 2 03 11

При применении в качестве защитного покровного слоя листов и лент из алюминия и алюминиевых сплавов и теплоизоляционного слоя в стальной неокрашенной сетке или при устройстве каркаса следует предусматривать установку под покровный слой прокладки из рулонного материала или окраску защитного покрытия изнутри битумным лаком.

4 10 При изоляции трубопроводов жесткоформованными изделиями следует предусматривать вставки из негорючих материалов в местах устройства температурных швов

4 11 Конструкция тепловой изоляции должна исключать деформацию и сползание теплоизоляционного слоя в процессе эксплуатации На вертикальных участках трубопроводов через каждые 3-4 м по высоте следует предусматривать опорные конструкции, за исключением теплоизоляции в заводском монолитном исполнении

4 12 Температурные швы в покровных слоях горизонтальных трубопроводов предусматриваются у компенсаторов, опор и поворотов, а на вертикальных трубопроводах – в местах установки опорных конструкций

4 13 Для конструкций тепловой изоляции трубопроводов с отрицательными температурами изолируемой поверхности крепление, покровного слоя следует предусматривать, как правило, бандажами Крепление покровного слоя винтами допускается использовать при диаметре изоляционной конструкции более 800 мм

4 14 Теплоизоляционные конструкции из горючих материалов с теплоизоляционным слоем из пенополиэтилена, пенополипропилена, пенокаучука, пенополиуретана и др не допускается предусматривать для трубопроводов, расположенных в зданиях, кроме зданий IVa и V степеней огнестойкости, одно и двухквартирных жилых домов

Допускается применение теплоизоляционного слоя из горючих материалов (пенополиэтилена, пенополипропилена, пенокаучка и др) для трубопроводов расположенных

- в подвальных этажах, имеющих выходы только наружу зданий I и II степеней огнестойкости, при устройстве вставок длиной 3 м из негорючих материалов не менее чем через 30 м длины трубопровода,
- на открытом воздухе при надземной прокладке с устройством вставок длиной 3 м из негорючих материалов не менее чем через 100 м длины трубопровода,
- в непроходных подземных и подпольных каналах с устройством через 100 м по длине трубопроводов глухих противопожарных перегородок первого типа,
- в проходных каналах и тоннелях, при разделении их на отсеки протяженностью не более 200 м противопожарными перегородками первого типа с противопожарными дверями второго типа, причем при вводе трубопроводов в здания непроходные каналы и проходные тоннели должны отделяться от здания глухими противопожарными перегородками первого типа

5. РАСЧЕТ ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ

5 1 Основные расчетные зависимости для определения теплозащитных свойств теплоизоляционных конструкций

Для теплового расчета изоляции используются уравнения стационарной теплопередачи через плоские и криволинейные поверхности

Теплопередача плоской теплоизоляционной конструкции, состоящей из «n» слоев изоляции, рассчитывается по формуле

$$q_F = \frac{t_в - t_н}{R_{вн} + R_{ст} + \sum_{i=1}^{n} R_i + R_н} \quad (1)$$

плоской однослойной:

$$q_F = \frac{t_в - t_н}{R_{вн} + R_{ст} + R_{из} + R_н} \quad (2)$$

криволинейной n-слойной:

$$q_L = \frac{t_в - t_н}{R^L_{вн} + R^L_{ст} + \sum_{i=1}^{n} R^L_i + R^L_н} \quad (3)$$

криволинейной однослойной:

$$q_L = \frac{t_в - t_н}{R^L_{вн} + R^L_{ст} + R^L_{из} + R^L_н} \quad (4)$$

где q_F – поверхностная плотность теплового потока через плоскую теплоизоляционную конструкцию, вт/м^2;

$t_в$ – температура среды внутри изолируемого оборудования, °С,

$t_н$ – температура окружающей среды, °С,

$R_{вн}$ – термическое сопротивление теплоотдаче на поверхности внутренней стенки изолируемого объекта, м^{2o}С/вт;

$R_н$ – тоже, на наружной поверхности теплоизоляции, м^{2o}С/вт;

$R_{ст}$ – термическое сопротивление кондуктивному переносу теплоты стенки изолируемого объекта, м^{2o}С/вт;

$R_{из}$ - тоже, плоского слоя изоляции, м^{2o}С/вт,

$\sum_{i=1}^{n} R_i$ - полное термическое сопротивление кондуктивному переносу теплоты n-слойной плоской изоляции;

R_i - термическое сопротивление i-ого слоя, м^{2o}С/вт;

q_L - линейная плотность теплового потока через цилиндрическую теплоизоляционную конструкцию, вт/м;

$R^L_{вн}$ - термическое сопротивление теплоотдаче на внутренней поверхности стенки изолируемого объекта, м°С/вт,

$R^L_н$ - тоже, на наружной поверхности изоляции, м°С/вт;

$R^L_{ст}$ - термическое сопротивление кондуктивному переносу теплоты цилиндрической стенки изолируемого объекта, м°С/вт;

$R^L_{из}$ - тоже, цилиндрического слоя изоляции, м°С/вт;

$\sum R^L$ - полное термическое сопротивление кондуктивному переносу теплоты n-слойной цилиндрической изоляции,

R_i^L - термическое сопротивление i-ого слоя, м°С/вт,

В уравнениях 1, 2, 3, 4 термические сопротивления теплоотдаче и кондуктивному переносу теплоты определяются по формулам

$$R_{вн} = \frac{1}{\alpha_{вн}},\ R_н = \frac{1}{\alpha_н},\ R_{из} = \frac{\delta_{из}}{\lambda_{из}},\ R_{ст} = \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}},\ R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i} \qquad (5)$$

$$R^L_{вн} = \frac{1}{\pi d^{ст}_{вн}\alpha_{вн}}\quad R^L_н = \frac{1}{\pi d^{из}_н \alpha_н},\ R^L_{из} = \frac{1}{2\pi\lambda_{из}} \ln\frac{d^{из}_н}{d^{ст}_н} \qquad (6)$$

$$R^L_{ст} = \frac{1}{2\pi\lambda_{ст}} \ln\frac{d^{ст}_н}{d^{ст}_{вн}},\quad R^L_i = \frac{1}{2\pi\lambda_i} \ln\frac{d^i_н}{d^i_{вн}} \qquad (7)$$

где

$\alpha_{вн}, \alpha_ч$ - коэффициенты теплоотдачи на внутренней поверхности стенки изолируемого объекта и на наружной поверхности изоляции, Вт /м^2°С,

$\lambda_{ст}, \lambda_{из}, \lambda_i$ - коэффициенты теплопроводности, соответственно, материала стенки изолируемого объекта, изоляции i-ого слоя, n-слойной изоляции, Вт /м°С,

$\delta_{ст}, \delta_{из}, \delta_i$ - толщины, соответственно, стенки изолируемого объекта, однослойной изоляции, i-ого слоя n-слойной изоляции, м,

$d^{ст}_{вн}, d^{ст}_н$ - внутренний и наружный диаметры изолируемой трубы, м;

$d^{из}_н$, - наружный диаметр изоляции, м,

$d^i_н, d^i_{вн}$ - наружный и внутренний диаметры i-ого слоя n-слойной изоляции, м

Распределение температур в многослойной изоляции рассчитывается по формулам

- температуры на внутренней и наружной поверхностях стенки изолируемого объекта плоской формы

$$t^{ст}_{вн} = t_в - q_F\ R_{вн},\ t^{ст}_н = t^{ст}_{вн} - q_F\ R_{ст}, \qquad (8)$$

- температура $t^н_1$, на наружной поверхности первого слоя изоляции, на границе 1 и 2 слоев:

$$t^н_1 = t^{ст}_н - q_F\ R_1\ ; \qquad (9)$$

и далее, начиная со 2го слоя, на границах (i - 1)-го и i-го слоев:

$$t_i^{\iota} = t^{н}_{(i=1)} - q_F \quad R_i \tag{10}$$

- температура на наружной поверхности i-слоя i-слойной стенки

$$t_i^{н} = t_н + q_F \quad R_н \tag{11}$$

Для цилиндрических многослойных изоляционных конструкций структура формул для расчета распределения температур имеют вид

$$t^{cm}_{вн} = t_в - q_L \quad R^L_{вн}\ , \quad t^{cm}_{н} = t^{cm}_{н} - q_L \quad R^L_{cm} \tag{12}$$

$$t^{н}_{1} = t^{cm}_{н} - q_L \quad R^L_1 \tag{13}$$

$$t^{н}_{i1} = t^{cm}_{(i=1)} - q_L \quad R^L_i \tag{14}$$

$$t^{н}_{i} = t^{н}_{н} + q_L \quad R^L_н \tag{15}$$

Значения поверхностной и линейной плотности тепловых потоков, входящих в формулы (8 - 15), определяются по (1 - 4), а термические сопротивления по (5, 6, 7)

При применении формул (1-3) необходимо знать коэффициенты теплопроводности изоляционных слоев Поскольку они зависят от температуры, должны быть известны средние температуры каждого слоя, для определения которых необходимо знать температуры на границах слоев Для их расчета используют метод последовательных приближений путем проведения нескольких расчетных операций

На первом этапе, принимая для всех слоев среднюю температуру изоляции, равную полусумме температур внутренней и наружной среды, находят при этой температуре теплопроводность всех теплоизоляционных слоев Затем, по (1, 3) определяют значения q_F или q_L и по (8 - 11) для плоской и по (12 - 15) для цилиндрической стенок рассчитывают температуры на границах слоев и средние температуры каждого слоя

На втором этапе по найденным на первом этапе средним температурам слоев, вновь определяют теплопроводность всех слоев, затем находят плотности потоков тепла и снова рассчитывают послойные температуры, и так далее, до требуемой точности расчета, то есть до тех пор, пока послойные температуры на k-ом и (k-1)-ом шаге будут отличаться не более, чем на 5% Обычно для этой цели необходимо проведение не более 3–4 расчетных операций

Плотность теплового потока через теплоизоляционные конструкции трубопроводов, граничащих с грунтом, определяются по формулам (1 - 4), в которых термические сопротивления внешней теплоотдаче $R_н$ и $R^L_н$ заменяются термическим сопротивлением грунта, зависящим от конфигурации изолируемого объекта, расположения его в массиве грунта и теплопроводности последнего (см 6 2 , 6 3)

5 2 Расчет тепловой изоляции трубопроводов

Расчет тепловых потерь через изолированную поверхность трубопроводов в общем случае, следует выполнять по формулам (3, 4) Однако анализ особенностей теплообмена в теплоизоляционных конструкциях трубопроводов позволяет существенно упростить расчетные формулы

Гермическое сопротивление теплоотдаче от внутренней среды к внутренней поверхности стенки трубопровода для жидких и даже газообразных сред, по сравнению с термическим сопротивлением кондуктивному переносу теплоты в изоляции, составляет весьма незначительную величину и может не учитываться

Исключение составляет весьма редкий случай, когда внутри объекта находится газовая среда и теплообмен между ней и внутренней поверхностью стенки осуществляется за счет естественной конвекции

Стенки изолируемого трубопровода изготовленные из металла в 100 и более раз превышает теплопроводность изоляции, вследствие этого, термическим сопротивлением стенки, без заметного снижения точности расчета, можно пренебречь

Таким образом, основными расчетными формулами для определения тепловых потерь изолируемого оборудования являются

- для плоских поверхностей и криволинейных диаметром более 2 м

$$q_F = \frac{(t_в - t_н)}{\sum_{i=1}^{n} R_i + R_н} \qquad (16)$$

- для трубопроводов диаметром менее 2 м.

$$q_L = \frac{(t_в - t_н)}{\sum_{i=1}^{n} R_i^L + R_н^L} \qquad (17)$$

где термическое сопротивление кондуктивному переносу слоев изоляции и внешней теплоотдаче в (16, 17) определяется по формулам (5, 6), в которых расчетная теплопроводность изоляции $\lambda_{из}^{p}$ определяется с учетом снижения ее теплозащитных свойств в процессе эксплуатации по методике изложенной в разделе 7, а коэффициент теплоотдачи на поверхности изоляции принимается по таблице 2

5 3 Расчет тепловой изоляции по нормированной плотности теплового потока

Определение толщины изоляции по заданной потере теплоты является обязательным для всех случаев расчета тепловой изоляции Расчет может производиться, исходя из нормативных плотностей теплового потока $\overline{q}_F, \overline{q}_L$, в соответствии с Приложениями А–Е и, как завершающий этап более сложного расчета, в результате которого определяются тепловые потери, удовлетворяющие производственно-техническим и технологическим требованиям

Для определения толщины однослойной **плоской и цилиндрической** поверхности с **диаметром** 2 м и более используется формула

$$\delta_{из} = \lambda_{из}^{p}\left[\frac{(t_в - t)}{q_F} - R\right] \qquad (18)$$

Для цилиндрической поверхности диаметром менее 2 м, предварительно из уравнения:

$$\ln B = 2\pi\ \lambda_{из}^{p}\left[\frac{(t_в - t)}{q_L} - R^{L}\right] \qquad (19)$$

Определяют величину $\ln B$, где $B = \frac{d_н^{ст} + 2\delta_{из}}{d_н^{ст}}$; при этом приближенные значения $R_н^L$ следует принимать по таблице 3

Затем, по таблице натуральных логарифмов находят величину «B» и определяют требуемую толщину изоляции по формуле

$$\delta_{из} = \frac{d_н^{ст}(B-1)}{2} \qquad (20)$$

Таблица 2

Значения коэффициента теплоотдачи, Вт /м^2°С

Изолированный объект	В закрытом помещении		На открытом воздухе при скорости ветра[3], м/с		
	Покрытия с малым коэффициентом излучения[1]	*Покрытия с высоким коэффициентом излучения*[2]	5	10	15
Горизонтальные трубопроводы	7	10	20	26	35
Вертикальные трубопроводы, оборудование, плоская стенка	8	12	26	35	52

[1] К ним относятся кожухи из оцинкованной стали, листов алюминиевых сплавов и алюминия с оксидной пленкой.

[2] К ним относятся штукатурки, асбестоцементные покрытия, стеклопластики, различные окраски (кроме краски с алюминиевой пудрой).

[3] При отсутствии сведений о скорости ветра принимают значения, соответствующие скорости 10 м/с.

Таблица 3

Ориентировочные значения R_H^L, м°С/Вт

Условный диаметр трубы	Внутри помещений						На открытом воздухе		
	Для поверхностей с малым коэффициентом излучения			Для поверхностей с высоким коэффициентом излучения					
	при температуре теплоносителя, °С								
	100	125	150	100	125	150	100	125	150
32	0,50	0,35	0 30	0,33	0,22	0,17	0,12	0,09	0,07
40	0,45	0,30	0,25	0,29	0,20	0,15	0,10	0,07	0,05
50	0 40	0,25	0,20	0,25	0,17	0,13	0,09	0,06	0,04
100	0,25	0,19	0,15	0,15	0,11	0,10	0,07	0,05	0,04
125	0,21	0,17	0,13	0,13	0,10	0,09	0,05	0,04	0,03
150	0,18	0,15	0,11	0,12	0,09	0,08	0,05	0,04	0,03
200	0,16	0,13	0,10	0,10	0,08	0,07	0,04	0,03	0,03
250	0,13	0,10	0,09	0,09	0,07	0,06	0,03	0,03	0,02
300	0,11	0,09	0,08	0,08	0,07	0,06	0 03	0,02	0,02
350	0,10	0,08	0,07	0,07	0 06	0,05	0,03	0,02	0,02
400	0,09	0,07	0,06	0,06	0,05	0,04	0,02	0,02	0 02
500	0,075	0,065	0,06	0,05	0,045	0,04	0,02	0,02	0,016
600	0,062	0,055	0,05	0,043	0,038	0,035	0,017	0,015	0,014
700	0,055	0,051	0,045	0,038	0,035	0,032	0,015	0,013	0,012
800	0,048	0,045	0,042	0,034	0,031	0,029	0 013	0,012	0 011
900	0,044	0,041	0,038	0,031	0,028	0,026	0,012	0,011	0,010
1000	0,040	0,037	0,034	0,028	0,026	0,024	0,011	0,010	0,009
2000	0,022	0,020	0,017	0 015	0,014	0,013	0,006	0 006	0,005

Примечания

1 Для промежуточных значений диаметров и температуры величина R_H^L определяется интерполяцией

2 Для температуры теплоносителя ниже 100°С принимаются данные, соответствующие 100 °С

Учитывая широкое применение в практике инженерных расчетов персональных компьютеров, для составления программы расчета требуемой толщины тепловой изоляции по нормированным тепловым потерям, целесообразно использовать метод последовательных приближений, суть которого для случая однослойной цилиндрической теплоизоляции заключается в следующем

Задаваясь начальным значением толщины изоляции δ_0, м, определяемой требуемой точностью расчета, производят с помощью последовательных шагов 1, 2, 3, 4 i, для

толщины изоляции $\delta_1 = \delta_0\ 1$, $\delta_2 = \delta_0\ 2$, $\delta_3 = \delta_0\ 3$. $\delta_i = \delta_0 \cdot i$ вычисление линейной плотности тепловых потоков $q_L^1, q_L^2,\ q_L^i$ по уравнению

$$q_L^i = \frac{\pi(t_в - t_н)}{\frac{1}{\alpha(d_н^{cm} + 2\delta_0\ i)} + \frac{1}{2\lambda_{из}^{p}} \ln\frac{d_н^{cm} + 2\delta_0\ i}{d_н^{cm}}} \qquad (21)$$

На каждом шаге вычислений i производится сравнение q_L^i с заданным значением нормативного удельного потока $\overline{q}_L$

При выполнении условия·

$$q_L^i - \overline{q_L} \le 0 \qquad (22)$$

вычисления заканчиваются, а найденная величина $\delta_i = \delta_0\ i$, является искомой, обеспечивающей заданную величину тепловых потерь.

В качестве расчетных параметров, обуславливающих тепловое взаимодействие окружающей среды с теплоизоляционной конструкцией, при определении толщины изоляции по нормируемым тепловым потерям следует принимать.

- температуру внутренней среды $t_в$, как среднюю за год температуру вещества в изолируемом объекте,
- температуру наружной среды $t_н$, при расположении изолируемого объекта в помещении, на основании технического задания на проектирование, при его отсутствии равной 20 °С, при расположении на открытом воздухе. как среднюю за год температуру наружного воздуха (СНиП 23 01),
- коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности теплоизоляции, при расположении изолируемого объекта в помещении по таблице 2, при расположении на открытом воздухе, по таблице 2, при скорости ветра 10 м/сек

5.4 Расчет толщины изоляции, предотвращающей конденсацию влаги из воздуха на ее поверхности

Данный расчет производится для изолированных объектов, расположенных в закрытых помещениях и содержащих вещества с температурой ниже температуры окружающего воздуха

В этом случае изоляция должна обеспечивать требуемый расчетный перепад между температурами наружного воздуха и поверхностью изоляции $(t_н - t_п)$, при котором исключается конденсация влаги из воздуха (таблица 4).

Таблица 4

Расчетный перепад $(t_н - t_п)$, °С

$t_н$, °С	Относительная влажность воздуха φ, %					
	40	50	60	70	80	90
10	13,4	10,4	7,8	5,5	3,5	1,6
15	14,2	10,9	9,1	5,7	3,6	1,7
20	14,8	11,3	8,4	5,9	3,7	1,8
25	15.3	11,7	8,7	6,1	3,8	1,9
30	15,9	12,2	9,0	6,3	4,0	2,0

Требуемая толщина изоляции δ, м, для плоских конструкций определяется по формуле·

$$\delta_{из} = \frac{\lambda^{p}_{из}}{\alpha_н}\left(\frac{t_н - t_в}{t_н - t_п} - 1\right) \qquad (23)$$

а для цилиндрических – на основе метода последовательных приближений

Расчетное уравнение в этом случае будет иметь вид:

$$\left(\frac{t_н - t_в}{t_н - t_п}\right)_i = 1 + \frac{\ln\frac{d^{cm}_н + 2\delta_0 \cdot i}{\delta^{cm}_н} \cdot \alpha \ (d^{cm}_н + 2\delta_0 \cdot i)}{2\lambda^{p}_{из}} \qquad (24)$$

Задаваясь начальным значением толщины изоляции δ_0. м, определяемой требуемой точностью расчета, например, 0,001 м, с помощью последовательных шагов: 1, 2, 3 .. i для толщин изоляции: $\delta_1 = \delta_0 \cdot 1$; $\delta_2 = \delta_0 \cdot 2$; $\delta_3 = \delta_0 \cdot 3$.. $\delta_i = \delta_0 \ i$ производим вычисление величин:

$$\left(\frac{t_н - t_в}{t_н - t_п}\right)_1; \left(\frac{t_н - t_в}{t_н - t_п}\right)_2 \ \ldots \left(\frac{t_н - t_в}{t_н - t_п}\right)_i \quad \text{по уравнению (24).}$$

На каждом шаге вычислений i производится сравнение $\left(\frac{t_н - t_в}{t_н - t_п}\right)_i$ с заданным значением $\left(\frac{t_н - t_в}{t_н - t_п}\right)_p$, табл. 4.

При выполнении условия

$$\left(\frac{t_н - t_в}{t_н - t_n}\right)_i - \left(\frac{t_н - t_в}{t_н - t_n}\right)_p \geq 0 \qquad (25)$$

вычисления заканчиваются, а найденная величина $\delta_i = \delta_0 \ i$ является, с точностью до 1 мм, заданной, обеспечивающей отсутствие конденсации

При расчете толщины изоляции по заданному перепаду температур $(t_н - t_n)$ принимаются следующие расчетные параметры окружающей среды:

- температура внутренней среды $t_в$ и относительную влажность воздуха φ - по техническому заданию на проектирование;

- температура наружной среды $t_н$, равной температуре помещения;

- коэффициент теплоотдачи α на наружной поверхности изоляции объекта, расположенного в помещении и на открытом воздухе, при покровном слое с малым коэффициентом излучения (см примечания к таблице 2) - 4 Вт/м^2°С, с большим - 7 Вт/м^2°С.

6. РАСЧЕТ ИЗОЛЯЦИИ ТЕПЛОПРОВОДОВ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

6 1 Надземная прокладка

Тепловые потери через изолированную поверхность подающих и обратных трубопроводов тепловых сетей при надземной прокладке, при известной толщине изоляции $\delta_{из}$, м, следует определять по формуле (17), а термические сопротивления, входящие в эту формулу, по (6). В качестве температур внутренней и наружной сред - $t_и$ и $t_н$ принимают расчетные температуры теплоносителя и окружающего воздуха, а коэффициент теплоотдачи $\alpha_н$ - по таблице 2.

При определении толщины изоляции трубопроводов тепловых сетей по нормированным значениям плотности теплового потока в качестве расчетных температур внутренней среды $t_н$ принимаются среднегодовые температуры теплоносителя по таблице 5

Таблица 5

Среднегодовые температуры теплоносителя в водяных тепловых сетях, °С

Трубопровод	Расчетные температурные режимы	
	95-70	150-70
Подающий	65	90
Обратный	50	50

За расчетную температуру наружной среды, при круглогодичной работе тепловой сети - среднегодовая температура наружного воздуха, при работе только в отопительный период - средняя за отопительный период. Расчетный коэффициент теплоотдачи $\alpha_н$ - по таблице 2.

В настоящее время для прокладки тепловых сетей широко используются индустриальные конструкции теплопроводов – трубопроводы с тепловой изоляцией и покровным слоем изготовленные в заводских условиях. При этом толщину изоляции на подающем и обратном трубопроводах принимают одинаковой. В этом случае ее следует определять по нормированной величине теплового потока через изолированную поверхность двухтрубной надземной прокладки $\bar{q}^{н}_{пр}$ Вт/м (в соответствии с приложением Г) методом последовательных приближений с использованием уравнения:

$$q^{н}_{прi} = \frac{\pi(t_{в1} + t_{в2} - 2t_н)}{\frac{1}{2\pi\alpha_н(d^{ст}_н + 2\delta_О \cdot i)} + \frac{1}{2\pi\lambda_{из}^{р}} \ln\frac{d^{ст}_н + 2\delta_О \cdot i}{d^{ст}_н}} \qquad (26)$$

где $\alpha_н$, Вт/м^{2}°С – коэффициент теплоотдачи по таблице 2, $t_{в1}$; $t_{в2}$ – температуры подающего и обратного трубопровода, °С.

Окончание итерационного процесса вычислений при выполнении условия (22).

6.2. Подземная канальная прокладка

Тепловые потери через изолированную поверхность двухтрубной прокладки тепловых сетей в канале шириной "b" и высотой "h", м, на глубине "Н", м, от поверхности земли до оси канала определяются по формуле:

$$q^{П}_{пр} = \frac{(t_{кан} - t_н)}{R_{кан} + R^{К}_{гр}} \qquad (27)$$

а температура воздуха в канале $t_{кан}$:

$$t_{кан} = \frac{\frac{t_{в1}}{R^{L}_{из1} + R^{L}_{н1}} + \frac{t_{в2}}{R^{L}_{из2} + R^{L}_{н2}} + \frac{t_н}{R_{кан} + R^{К}_{гр}}}{\frac{1}{R^{L}_{из1} + R^{L}_{н1}} + \frac{1}{R^{L}_{из2} + R^{L}_{н2}} + \frac{1}{R_{кан} + R^{К}_{гр}}} \qquad \mathbf{(28)}$$

где $R^L_{из1} = \frac{1}{2\pi\lambda^{p}_{из}} \ln\frac{d_1+2\delta_{из1}}{d_1}$; $R^L_{из2} = \frac{1}{2\pi\lambda^{p}_{из}} \ln\frac{d_2+2\delta_{из2}}{d_2}$ (29)

$$R^L_{н1} = \frac{1}{2\pi\alpha_к(d_1+2\delta_{из1})}, \quad R^L_{н2} = \frac{1}{2\pi\alpha_к(d_2+2\delta_{из2})} \tag{30}$$

$$R_{кан} = \frac{1}{\pi\alpha_к \cdot \frac{2b\cdot h}{b+h}} \tag{31}$$

$q^n_{пр}$ - линейная плотность теплового потока от двухтрубной подземной прокладки, Вт/м;

d_1, d_2 - наружные диаметры подающего и обратного трубопроводов, м;

$t_{в1}, t_{в2}$ - температуры подающего и обратного трубопроводов, °С;

$R^L_{из1}, R^L_{из2}$ - термические сопротивления изоляции подающего и обратного трубопроводов, м°С/Вт;

$R^L_{н1}$, $R^L_{н2}$ - термические сопротивления теплоотдачи от поверхности изоляции подающего и обратного трубопроводов, м°С/Вт;

$R_{кан}$ - термическое сопротивление теплоотдаче от воздуха к поверхности канала, м°С/Вт,

$\alpha_н$ - коэффициент теплоотдачи в канале, принимается равным 11 Вт/м^2°С,

$\lambda^{p}_{из}$ – расчетная теплопроводность изоляции в конструкции, Вт/м°С;

$\lambda_{гр}$ - теплопроводность грунта, Вт/м°С, таблица 6;

$\delta_{из1}$, $\delta_{из2}$ - толщины изоляции подающего и обратного трубопроводов, м;

$R^к_{гр}$ - термическое сопротивление грунта, м°С/Вт определяется по формуле:

$$R^к_{гр} = \frac{\ln\left[3{,}5\frac{H_{экв}}{h}\left(\frac{h}{b}\right)^{0{,}25}\right]}{\left(5{,}7+0{,}5\frac{b}{h}\right)\lambda_{гр}} \tag{32}$$

где. $H_{экв}$ – эквивалентная глубина заложения грунта, учитывающая сопротивление теплоотдаче от поверхности грунта к окружающему воздуху в общем термическом сопротивлении грунта:

$$H_{экв} = H + \frac{\lambda_{гр}}{\alpha_н} \qquad (33)$$

где $\lambda_{гр}$ – теплопроводность грунта 1,86 Вт/м°С (таблица 6),

$\alpha_н$ – коэффициент теплоотдачи к наружному воздуху поверхности грунта, принимается равным 35 Вт/м^{2}°С (табл 2)

Для определения, методом последовательных приближений толщины изоляции теплопроводов по заданной нормативной плотности теплового потока двухтрубной подземной канальной прокладки $\bar{q}^{n}_{пр_i}$, Вт/м (в соответствии с приложением Д), при одинаковой толщине изоляции на подающем и обратном трубопроводе используются формулы

$$\bar{q}^{n}_{пр_i} = \frac{t_{кан_i} - t_н}{R_{кан} + R^{к}_{гр}} \qquad (34)$$

$$t_{кан_i} = \frac{\frac{t_{в1}}{R^{L}_{из} + R^{L}_{н_i}} + \frac{t_{в2}}{R^{L}_{из_i} + R^{L}_{н_i}} + \frac{t_н}{R_{кан} + R^{к}_{гр}}}{\frac{1}{R^{L}_{из_i} + R_{н_i}} + \frac{1}{R^{L}_{из_i} + R^{L}_{н_i}} + \frac{1}{R_{кан} + R^{к}_{гр}}} \qquad (35)$$

где. $R^{L}_{из_i} = \frac{1}{2\pi\lambda_{из}} \ln \frac{d_1 + 2\delta_{0\ i}}{d^{ст}_н} \qquad (36)$

$$R^{L}_{н_i} = \frac{1}{2\pi\alpha_к (d^{ст}_н + 2\delta_{0\ i})} \qquad (37)$$

а, $R_{кан}$ и $R_{гр}$ - по (31) и (32)

Задаваясь начальным значением толщины изоляции δ_0 (например 0,001 м) производят с помощью последовательных шагов 1, 2. 3, 4 i, по 34–37, для толщин изоляции $\delta_1 = \delta_{0\ 1}, \delta_2 = \delta_{0\ 2}, \delta_3 = \delta_{0\ 3}$ $\delta_i = \delta_{0\ i}$ вычисление $\bar{q}^{n}_{пр1}$, $\bar{q}^{n}_{пр2}$ $\bar{q}^{n}_{пр_i}$

На каждом шаге вычислений i производится сравнение $\bar{q}^{n}_{пр_i}$ с заданным нормативным значением по $q^{n}_{пр}$ При выполнении условия $\bar{q}^{n}_{пр_i} - \bar{q}^{n}_{пр} \le 0$ (38) вычисления заканчиваются, а найденная величина $\delta_1 = \delta_{0\ 1}$, является искомой, обеспечивающей заданную величину тепловых потерь.

Таблица 6

Теплопроводность грунтов

Вид грунта	Средняя плотность, кг/м^3	Весовое влагосодержание грунта, %	Коэффициент теплопроводности, Вт/м °С
Песок	1480	4	0,86
	1600	5	1,11
	"	15	1,92
	"	23,8	1,92
Суглинок	1100	8	0,71
	"	15	0,9
	1200	8	0,83
	"	15	1,04
	1300	8	0,98
	"	15	1,2
	1400	8	1,12
	"	15	1,36
	"	20	1,63
	1500	8	1,27
	"	15	1,56
	"	20	1,86
	1600	8	1,45
	"	15	1,78
	2000	5	1,75
	"	10	2,56
	"	11,5	2,68
Глинистые	1300	8	0,72
	"	18	1,08
	"	40	1,66
	1500	8	1,0
	"	18	1,46
	"	40	2,0
	1600	8	1,13
	"	27	1,93

При расчете изоляции двухтрубных канальных прокладок тепловых сетей в качестве температур внутренней среды принимают среднегодовые температуры теплоносителя в подающих и обратных трубопроводах по таблице 5.

За расчетную температуру наружной среды, при расстоянии от поверхности грунта до перекрытия канала 0,7 м и менее, принимается та же температура наружного воздуха, что и при надземной прокладке. При расстоянии от поверхности грунта до перекрытия канала более 0,7 м, плюс 5°С.

6 3 Подземная бесканальная прокладка

Тепловые потери двухтрубных тепловых сетей при бесканальной прокладке, расположенной в грунте на расстоянии от поверхности до оси труб Н, м, определяются по формулам

$$q_1^L = \frac{(t_{в1} - t_н)(R^L_{из2} + R^{\delta}_{гр2}) - (t_{в2} - t_н)\cdot R_o}{(R^L_{из1} + R^{\delta}_{гр1})(R^L_{из2} + R^{\delta}_{гр2}) - R_o^2} \qquad (39)$$

$$q_2^L = \frac{(t_{в2} - t_н)(R^L_{из1} + R^{\delta}_{гр1}) - (t_{в1} - t_н)\cdot R_o}{(R^L_{из2} + R^{\delta}_{гр2})(R^L_{из1} + R^{\delta}_{гр1}) - R_o^2} \qquad (40)$$

где:

$R^{\delta}_{гр}$ - термическое сопротивление грунта при бесканальной прокладке, м°С/вт, определяется по формуле:

$$R^{\delta}_{гр} = \frac{1}{2\pi\lambda_{гр}} \cdot \ln\left[\frac{2H_{экв}}{d} + \sqrt{\left(\frac{2H_{экв}}{d}\right)^2 - 1} \right] \qquad (41)$$

где:

d - наружный диаметр труб, м; подающей - d_1, обратной - d_2;

$\lambda_{гр}$ - теплопроводность грунта, Вт /м°С;

$H_{экв}$ - эквивалентная глубина заложения (по 33).

R_a - термическое сопротивление, обусловленное тепловым взаимодействием двух труб, м°С/Вт, определяется из выражения:

$$R_o = \frac{\ln\sqrt{1 + \left(\frac{2H_{экв}}{K_{1,2}}\right)^2}}{2\pi\lambda_{гр}} \qquad (42)$$

в котором $K_{1,2}$ - расстояние между осями труб по горизонтали, м.

Остальные значения величин в (39, 40) те же, что и в формуле (29, 30) для канальной прокладки.

Формула для определения методом последовательных приближений (см. предыдущий раздел) толщины изоляции теплопроводов по заданной нормативной плотности теплового потока двухтрубной бесканальной прокладки при одинаковой

толщине изоляции и диаметрах подающего и обратного трубопровода, $\bar{q}^{n}_{np}$ **Вт/м (в соответствии с приложением Д) имеет вид**

$$\bar{q}^{n}_{np} = \frac{(t_{в1} - t_н)(R^L_{из1} + R^{\delta}_{гр}) - (t_{в2} - t_н)R_O + (t_{в2} - t_н)(R^L_{из_l} + R^{\delta}_{гр}) - (t_{в1} - t_н)R_O}{(R^L_{из_l} + R^{\delta}_{гр})^2 - R^2_O} \qquad (43)$$

в которой $R^L_{из_l}$ определяется по (36), $R^{\delta}_{гр}$ и R_O по (41, 42), а условия окончания итерационного процесса вычисляют по (38)

7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

При расчетах толщин изоляции по нормативным значениям плотности теплового потока через изолированную поверхность трубопроводов для того, чтобы обеспечить требуемую нормированную плотность теплового потока за все время эксплуатации теплоизоляционнои конструкции «τ» лет, с учетом снижения, при этом, ее теплозащитных свойств, в качестве расчетного значения коэффициента теплопроводности «$\lambda_{из}^{p}$», вт/м°С, следует использовать среднеинтегральную величину теплопроводности за время «τ»

$$\lambda^{p}_{из}(\tau, t_m) = \frac{1 + exp k\tau}{2} + \lambda(\tau = 0, t_m) \qquad (44)$$

где $\lambda(\tau = 0, t_m)$ – значение теплопроводности изоляции в начале эксплуатации, определяется по приложению А СП 41-103-2000 при средней температуре изоляции t_m,

k – константа работоспособности изоляции, год (таблица 7)

При отсутствии в техническом задании расчетного срока эксплуатации теплоизоляционной конструкции его следует принимать 25 лет

Таблица 7

Константа работоспособности теплоизоляционных материалов «*k*», 1/год

Типы трубопроводов	Условия прокладки											
	В отапливаемых помещениях	В неотапливаемых подвалах, чертадах, подпольных каналах			Надземная		Подземная в проходных каналах		Подземная в непроходных каналах	Подземная бесканальная		
	Вид изоляции											
	пенокаучук**	волокнистая	пенопласты*	пенокаучук**	волокнистая	пенопласты*	волокнистая	пенопласты*	волокнистая	армопенобетон	пенополимербетон	пенополиуретан***
Отопления и горячего водоснабжения	-	$1{,}35 \cdot 10^{-2}$	$7 \cdot 10^{-3}$	$6{,}5\ 10^{-3}$	-	-	-	-	-	-	-	-
Холодного водоснабжения	$4{,}2 \cdot 10^{3}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Централизованного теплоснабжения	-	$1{,}35 \cdot 10^{-2}$	$7\ 10^{-3}$	-	$1{,}8\ 10^{-2}$	$7 \cdot 10^{-3}$	$2{,}2 \cdot 10^{-2}$	$8 \cdot 10^{-3}$	$4{,}6 \cdot 10^{-2}$	$2{,}7\ 10^{-2}$	$5\ 10^{-3}$	$1{,}65\ 10^{-4}$
Систем кондиционирования	$6{,}5 \cdot 10^{-3}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Примечание. *пенопласты с преимущественно закрытопористой структурой, пенополиуретан, пенополистирол и др

**пенокаучуки типа Аэрофлекс, пенополиэтилен типа Экофлекс и др.

***пенополиуретан в жесткой полиэтиленовой оболочке с дистанционным контролем влажности

Приложение А
Обязательное

Нормы плотности теплового потока, Вт/м через поверхность изоляции трубопроводов систем инженерного оборудования зданий, расположенных в помещении

Таблица А 1

При числе часов работы в год 5200 и менее

Наружный диаметр трубы, мм	Средняя температура теплоносителя, °С					
	50	70	90	110	130	150
18	12	16	20	24	28	32
25	14	18	23	27	32	36
45	18	24	29	34	40	46
57	20	26	32	38	44	51
76	23	30	37	44	51	58
89	26	33	40	48	55	62
108	29	37	45	53	61	69
133	33	42	50	60	68	77
159	37	47	56	67	76	86
219	46	58	69	81	92	104
273	54	68	81	93	107	120

Таблица А 2.

При числе часов работы в год более 5200

Наружный диаметр трубы, мм	Средняя температура теплоносителя, °С					
	50	70	90	110	130	150
18	10	13	17	20	24	28
25	11	15	19	23	27	32
45	14	19	24	29	34	39
57	16	21	27	32	38	43
76	19	24	31	37	43	50
89	20	27	33	40	46	53
108	22	30	37	44	51	59
133	25	33	41	49	57	65
159	29	37	46	54	63	72
219	35	45	55	66	76	86
273	41	53	65	76	87	99

Приложение Б
Обязательное

Нормы плотности теплового потока, Вт/м, через поверхность изоляции трубопроводов систем инженерного оборудования зданий, расположенных в подвалах, чердаках и других неотапливаемых помещениях

Таблица Б.1.

При числе часов работы в год 5200 и менее

Наружный диаметр трубы, мм	Средняя температура теплоносителя, °С					
	50	70	90	110	130	150
18	7	10	14	18	21	26
25	8	12	16	20	25	29
45	11	16	22	27	33	38
57	13	19	25	31	36	43
76	16	23	29	36	43	50
89	17	25	33	40	47	54
108	20	29	37	45	53	61
133	23	33	42	51	61	69
159	27	38	48	58	68	78
219	35	48	61	73	85	97
273	41	57	73	87	101	115

Таблица Б.2

При числе часов работы в год более 5200

Наружный диаметр трубы, мм	Средняя температура теплоносителя, °С					
	50	70	90	110	130	150
18	6	9	13	16	20	23
25	7	11	15	19	23	26
45	10	15	20	24	29	34
57	11	17	22	27	33	38
76	13	20	26	32	38	44
89	15	22	28	35	41	48
108	17	24	32	39	46	53
133	20	28	36	44	53	60
159	22	32	41	49	59	67
219	29	40	52	62	73	83
273	34	48	60	72	85	97

Приложение В
Обязательное

Нормы плотности теплового потока через поверхность изоляции трубопроводов с отрицательными температурами, расположенными на открытом воздухе

Таблица В 1

Наружный диаметр трубопровода, мм	Средняя температура вещества, °С				
	0	-10	-20	-40	-60
	нормы линейной плотности теплового потока, Вт/м				
18	3	3	4	6	7
25	3	4	5	6	8
45	4	5	5	7	9
57	5	5	6	8	9
76	6	6	7	9	10
89	6	6	8	10	11
108	7	7	9	11	13
133	8	9	12	14	16
159	8	9	10	13	16
219	10	10	12	16	18
273	11	12	14	18	20
325	12	13	16	20	23
Плоские поверхности	Нормы поверхностной плотности теплового потока, Вт/м^2				
	11	12	12	13	14

Таблица В 2.

Нормы плотности теплового потока при расположении трубопроводов в помещении

Наружный диаметр трубопровода, мм	Средняя температура вещества, °С				
	0	-10	-20	-40	-60
	нормы линейной плотности теплового потока, Вт/м				
18	5	6	6	7	8
25	6	7	7	8	9
45	7	7	8	9	11
57	7	8	9	10	12
76	8	9	9	11	13
89	9	9	10	12	13
108	10	10	11	13	14
133	11	11	12	14	16
159	12	13	13	16	17
219	15	16	16	19	21
273	16	17	19	20	23
325	19	20	21	23	26
Плоские поверхности	Нормы поверхностной плотности теплового потока, Вт/м^2				
	15	16	17	18	19

Приложение Г
Обязательное

Нормы плотности теплового потока, Вт/м, через поверхность изоляции трубопроводов двухтрубной надземной прокладки водяных тепловых сетей

Таблица Г 1

При числе часов работы в год 5200 и менее

Наружный диаметр трубы, мм	Нормы плотности теплового потока для подающей (65°С) и обратной трубы (50°С)	Нормы плотности теплового потока для подающей (90°С) и обратной трубы (50°С)
57	37	44
76	43	50
89	46	55
108	52	60
133	59	68
159	64	75
219	79	92
273	92	106
325	103	119
377	116	132
426	125	145
480	139	159
530	150	171
630	170	195
720	192	217
820	213	241
920	234	265
1020	254	291

Таблица Г 2

При числе часов работы в год более 5200

Наружный диаметр трубы, мм	Нормы плотности теплового потока для подающей (65°С) и обратной трубы (50°С)	Нормы плотности теплового потока для подающей (90°С) и обратной трубы (50°С)
57	30	36
76	34	41
89	37	45
108	41	49
133	46	55
159	51	60
219	62	73
273	71	84
325	80	94
377	89	104
426	97	113
480	106	124
530	115	133
630	131	151
720	146	168
820	160	186
920	178	204
1020	193	222

Приложение Д
Обязательное

Нормы плотности теплового потока, Вт/м, через поверхность изоляции трубопроводов двухтрубной подземной и бесканальной прокладки водяных тепловых сетей

Таблица Д 1

При числе часов работы в год 5200 и менее

Наружный диаметр трубы, мм	Нормы плотности теплового потока для подающей (65°С) и обратной трубы (50°С)	Нормы плотности теплового потока для подающей (90°С) и обратной трубы (50°С)
57	32	37
76	37	42
89	40	45
108	45	51
133	50	58
159	57	65
219	69	78
273	78	88
325	95	107
426	116	128
480	133	150
530	161	178
630	180	199
720	200	222
820	224	248
920	248	274

Таблица Д.2.

При числе часов работы в год более 5200

Наружный диаметр трубы, мм	Нормы плотности теплового потока для подающей (65°С) и обратной трубы (50°С)	Нормы плотности теплового потока для подающей (90°С) и обратной трубы (50°С)
57	25	30
76	29	34
89	31	36
108	35	40
133	39	46
159	44	52
219	54	62
273	61	69
325	73	84
426	88	100
480	102	115
530	121	137
630	137	153
720	152	170
820	168	187
920	185	207

Приложение Е
Обязательное

Нормы плотности теплового потока, Вт/м, через поверхность изоляции трубопроводов **двухтрубной** подземной канальной прокладки водяных тепловых сетей

Таблица Е.1

При числе часов работы в год 5200 и менее

Наружный диаметр трубы, мм	Нормы плотности теплового потока для подающей (65°С) и обратной трубы (50°С)	Нормы плотности теплового потока для подающей (90°С) и обратной трубы (50°С)
57	29	34
76	32	39
89	35	42
108	39	47
133	44	53
159	49	59
219	50	71
273	71	83
325	81	94
426	98	115
480	107	125
530	118	137
630	134	156
720	151	175
820	168	195
920	186	216

Таблица 1 2

При числе часов работы в год более 5200

Наружный диаметр трубы, мм	Нормы плотности теплового потока для подающей (65°С) и обратной трубы (50°С)	Нормы плотности теплового потока для подающей (90°С) и обратной трубы (50°С)
57	25	30
76	29	35
89	31	37
108	34	40
133	39	46
159	42	50
219	52	61
273	60	71
325	67	79
426	81	96
480	89	104
530	96	116
630	111	129
720	123	144
820	137	160
920	151	176

УДК
Ключевые слова: трубопроводы, изоляция тепловая, расчет, нормы плотности теплового потока

gost.e-ecolog.ru