

СВОД ПРАВИЛ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И СТРОИТЕЛЬСТВУ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕПЛОЙ ИЗОЛЯЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ И ТРУБОПРОВОДОВ

Designing of thermal insulation of equipment and pipe lines

ОКС 91.140.10
ОКСТУ 49 2000

ПРЕДИСЛОВИЕ

1 РАЗРАБОТАН ГУП НИИмосстрой при участии Государственного предприятия - Центр методологии нормирования и стандартизации в строительстве (ГП ЦНС) и группы специалистов

2 ОДОБРЕН И РЕКОМЕНДОВАН к применению в качестве нормативного документа Системы нормативных документов в строительстве постановлением Госстроя России от 16.08.2000 г. N 81

ОДОБРЕН для применения в странах СНГ протоколом N 16 от 02.12.99 г. Межгосударственной научно-технической комиссии по стандартизации, техническому нормированию и сертификации в строительстве (МНТКС)

ВВЕДЕНИЕ

Настоящий Свод правил содержит указания по проектированию тепловой изоляции наружной поверхности оборудования и трубопроводов, выполнение которых обеспечит соблюдение обязательных требований к теплозащите тепловых сетей, технологических трубопроводов при строительстве, капитальном ремонте и эксплуатации теплоизоляционной конструкции, установленных действующим СНиП 2.04.14-88* "Тепловая изоляция оборудования трубопроводов".

Решение вопроса о применении данного документа при проектировании и строительстве конкретных зданий и сооружений относится к компетенции проектной или строительной организации. В случае если принято решение о применении настоящего документа, все установленные в нем правила являются обязательными. Частичное использование требований и правил, приведенных в настоящем документе, не допускается.

В данный Свод правил включены методы расчета тепловой изоляции оборудования, технологических трубопроводов и трубопроводов надземных и подземных тепловых сетей, приведены таблицы толщины изоляции, составленные с ориентацией на применение высокоэффективных утеплителей на основе новых норм плотности теплового потока через изолированную поверхность оборудования и трубопроводов, введенных постановлением Госстроя России от 31.12.97 г. N 18-80.

В разработке свода правил принимали участие: В.Г.Петров-Денисов (руководитель работы), Б.М.Шойхет, Л.В.Ставрицкая, Ю.В.Матвеев (АО "Теплопроект"), А.В.Сладков (НИИмосстрой), В.А.Глухарев (Госстрой России), Л.С.Васильева (ГП ЦНС).

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Настоящий Свод правил следует применять при проектировании и монтаже тепловой изоляции наружной поверхности оборудования и трубопроводов с температурой содержащихся в них веществ от 50 до 600 °С и

расположенных в зданиях, сооружениях и на открытом воздухе, а также трубопроводов тепловых сетей при надземной прокладке и подземной, выполненной в каналах и бесканально.

2 РАСЧЕТ ТЕПЛОЙ ИЗОЛЯЦИИ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ, ТРУБОПРОВОДОВ И ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

2.1 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 рассчитывается по формулам:

состоящей из n слоев изоляции

$$q_F = \frac{t_D - t_H}{R_{вн} + R_{ст} + \sum_{i=1}^n R_i + R_{вн}}; \quad (1)$$

плоской однослойной

$$q_F = \frac{t_D - t_H}{R_{вн} + R_{ст} + R_{из} + R_{вн}}; \quad (2)$$

криволинейной n -слойной

$$q_L = \frac{t_D - t_H}{R_{вн}^L + R_{ст}^L + \sum_{i=1}^n R_i^L + R_{вн}^L}; \quad (3)$$

криволинейной однослойной

$$q_L = \frac{t_D - t_H}{R_{вн}^L + R_{ст}^L + R_{из}^L + R_{вн}^L}; \quad (4)$$

где q_F - поверхностная плотность теплового потока через плоскую теплоизоляционную конструкцию, Вт/м²;

t_D - температура среды внутри изолируемого оборудования, °С;

t_H - температура окружающей среды, °С;

$R_{вн}$ - термическое сопротивление теплоотдаче на внутренней поверхности стенки изолируемого объекта, м²·°С/Вт;

$R_{ст}$ - то же, на наружной поверхности теплоизоляции, м²·°С/Вт;

$R_{ст}$ - термическое сопротивление кондуктивному переносу теплоты стенки изолируемого объекта, м²·°С/Вт;

$R_{из}$ - то же, плоского слоя изоляции, м²·°С/Вт;

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

R_i - термическое сопротивление i -го слоя, $m^2 \cdot ^\circ C / Wt$;

q_L - линейная плотность теплового потока через цилиндрическую теплоизоляционную конструкцию, Wt/m ;

R_{int}^L - линейное термическое сопротивление теплоотдаче внутренней стенки изолируемого объекта, $m \cdot ^\circ C / Wt$;

R_{ext}^L - то же, наружной изоляции $m \cdot ^\circ C / Wt$;

R_c^L - линейное термическое сопротивление кондуктивному переносу теплоты цилиндрической стенки изолируемого объекта, $m \cdot ^\circ C / Wt$;

R_{ins}^L - то же, цилиндрического слоя изоляции, $m \cdot ^\circ C / Wt$;

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

R_i^L - линейное термическое сопротивление i -го слоя, $m \cdot ^\circ C / Wt$;

В уравнениях (1)-(4) термические сопротивления теплоотдаче и кондуктивному переносу теплоты определяются по формулам:

$$R_{int} = \frac{1}{\alpha_{int}}; R_{ext} = \frac{1}{\alpha_{ext}}; R_{ins} = \frac{\delta_{ins}}{\lambda_{ins}}; R_{ct} = \frac{\delta_{ct}}{\lambda_{ct}}; R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i}; \quad (5)$$

$$R_{int}^L = \frac{1}{\pi d_{int}^{int} \alpha_{int}}; R_{ext}^L = \frac{1}{\pi d_{ext}^{ext} \alpha_{ext}}; R_{ins}^L = \frac{1}{2\pi \lambda_{ins}} \cdot \ln \frac{d_{ext}^{ins}}{d_{int}^{ins}}; \quad (6)$$

$$R_{ct}^L = \frac{1}{2\pi \lambda_{ct}} \cdot \ln \frac{d_{ext}^{ct}}{d_{int}^{ct}}; R_i^L = \frac{1}{2\pi \lambda_i} \cdot \ln \frac{d_{ext}^i}{d_{int}^i}; \quad (7)$$

где α_{int} , α_{ext} - коэффициенты теплоотдачи внутренней поверхности стенки изолируемого объекта и наружной поверхности изоляции, $Wt/(m^2 \cdot ^\circ C)$;

λ_{ct} , λ_{ins} , λ_i - коэффициенты теплопроводности соответственно материала стенки изолируемого объекта однослойной изоляции, изоляции i -го слоя n -слойной изоляции, $Wt/(m \cdot ^\circ C)$;

δ_{ct} , δ_{ins} , δ_i - толщина соответственно стенки изолируемого объекта, однослойной изоляции i -го слоя n -слойной изоляции, m ;

d_{int}^{int} , d_{int}^{ext} - внутренний и наружный диаметры стенки изолируемого объекта, m ;

d_{ext}^{ins} - наружный диаметр изоляции, m ;

d_{int}^i , d_{ext}^i - наружный и внутренний диаметры i -го слоя n -слойной изоляции, m .

Распределение температур в многослойной изоляции рассчитывается по формулам:

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

$$t_{\text{вн}}^{\text{ст}} = t_{\text{в}} - q_{\text{Ф}} R_{\text{вн}}^{\text{ст}}; \quad t_{\text{н}}^{\text{ст}} = t_{\text{н}}^{\text{ст}} - q_{\text{Ф}} R_{\text{ст}}^{\text{ст}}; \quad (8)$$

температура $t_1^{\text{ст}}$ на наружной поверхности первого слоя изоляции, на границе 1-го и 2-го слоев

$$t_1^{\text{ст}} = t_{\text{вн}}^{\text{ст}} - q_{\text{Ф}} R_1; \quad (9)$$

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

$$t_i^{\text{ст}} = t_{(i-1)}^{\text{ст}} - q_{\text{Ф}} R_i; \quad (10)$$

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

$$t_i^{\text{ст}} = t_{\text{н}} + q_{\text{Ф}} R_{\text{н}}. \quad (11)$$

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

$$t_{\text{вн}}^{\text{ст}} = t_{\text{в}} - q_{\text{Л}} R_{\text{вн}}^{\text{Л}}; \quad t_{\text{н}}^{\text{ст}} = t_{\text{н}}^{\text{ст}} - q_{\text{Л}} R_{\text{ст}}^{\text{Л}}; \quad (12)$$

$$t_1^{\text{ст}} = t_{\text{вн}}^{\text{ст}} - q_{\text{Л}} R_1^{\text{Л}}; \quad (13)$$

$$t_i^{\text{ст}} = t_{(i-1)}^{\text{ст}} - q_{\text{Л}} R_i^{\text{Л}}; \quad (14)$$

$$t_i^{\text{ст}} = t_{\text{н}} - q_{\text{Л}} R_{\text{н}}^{\text{Л}}. \quad (15)$$

Значения поверхностной и линейной плотности тепловых потоков, входящих в формулы (8)-(15), определяются по (1)-(3), а термические сопротивления - по (5)-(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 обычно используется метод последовательных приближений путем проведения нескольких расчетных операций.

На первом этапе, принимая для всех слоев среднюю температуру изоляции, обычно равную полусумме температур внутренней и наружной среды, находят при этой температуре теплопроводность всех теплоизоляционных слоев. Затем, по (1), (3) определяют значения $q_{\text{Ф}}$ или $q_{\text{Л}}$ и по (8)-(11) для плоской и по (12)-(15) 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. Например, до тех пор, пока послойные температуры на k -м и $(k-1)$ -м шаге будут отличаться не более чем на 5%. Обычно для этой цели необходимо проведение не более 3-4 расчетных операций.

Значительное место в промышленной изоляции занимают теплоизоляционные конструкции подземных сооружений, основной особенностью которых является контакт с массивом окружающего грунта, что в значительной степени усложняет их тепловой расчет по сравнению с конструкциями, контактирующими с атмосферой.

Анализ температурных полей и тепловых потоков в теплоизоляционных конструкциях и в граничащих с ними грунтом позволил заключить, что непосредственно в теплоизоляции с достаточной для инженерных расчетов точностью температурное поле можно считать одномерным. Это позволит определить их термическое сопротивление по формулам (5)-(7).

Плотность теплового потока через теплоизоляционные конструкции, граничащие с грунтом, определяется в этом случае по формулам (1)-(4), в которых термические сопротивления внешней теплоотдаче $R_{\text{вн}}$ и $R_{\text{вн}}^L$ заменяются термическим сопротивлением грунта, зависящим от конфигурации изолируемого объекта, расположения его в массиве грунта и теплопроводности последнего.

2.2 Расчет тепловой изоляции трубопроводов и оборудования

Расчет тепловых потерь через изолированную поверхность оборудования и трубопроводов в общем случае следует выполнять для плоских поверхностей по формулам (1), (2), а для криволинейных по формулам (3), (4). Однако анализ особенностей теплообмена в теплоизоляционных конструкциях промышленных объектов позволяет существенно упростить расчетные формулы.

Термическое сопротивление теплоотдаче от внутренней среды к внутренней поверхности стенки изолируемого объекта 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 промышленного оборудования и трубопроводов обычно изготовлены из металла, теплопроводность которого в 100 раз и более 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

$$q_F = \frac{(t_{\text{вн}} - t_{\text{вн}}^L) K}{\sum_{i=1}^n R_i + R_{\text{вн}}}; \quad (16)$$

для трубопроводов диаметром менее 2 м

$$q_{\text{л}} = \frac{(t_{\text{вн}} - t_{\text{вн}}^L) K}{\sum_{i=1}^n R_i^L + R_{\text{вн}}^L}, \quad (17)$$

где K - коэффициент дополнительных потерь, учитывающий теплотери через теплопроводные включения в теплоизоляционных конструкциях, обусловленных наличием в них крепежных деталей и опор (таблица 1).

Таблица 1 - Значения коэффициента дополнительных потерь K

Способ прокладки трубопроводов	Коэффициент K
На открытом воздухе, в непроходных каналах, тоннелях и помещениях:	
для стальных трубопроводов на подвижных опорах, условным проходом, мм:	
до 150	1,2
150 и более	1,15
на подвесных опорах	1,05
для неметаллических трубопроводов на подвижных и подвесных опорах	1,7

Бесканальная	1,15
--------------	------

Термическое сопротивление кондуктивному переносу слоев изоляции и внешней теплоотдаче в (16), (17) определяется по формулам (5), (6), в которых теплопроводность изоляции принимается по приложению А, а коэффициент теплоотдачи на поверхности изоляции - по таблице 2.

Таблица 2 - Значения коэффициента теплоотдачи α , Вт/(м²·°С)

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

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

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

*** При отсутствии сведений о скорости ветра принимают значения, соответствующие скорости 10 м/с.

2.2.1 Расчет тепловой изоляции по нормированной плотности теплового потока

Определение толщины изоляции по заданной потере тепла является наиболее распространенным случаем расчета тепловой изоляции. Расчет может производиться исходя из нормативных плотностей теплового потока (q_F^I , q_L^I) 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

$$\delta_{\text{из}} = \lambda_{\text{из}} \left[\frac{K(t_{\text{в}} - t_{\text{н}})}{q_F^I} - R_{\text{в}}^L \right]. \quad (18)$$

Для цилиндрической поверхности диаметром менее 2 м предварительно из уравнения

$$\ln B = 2\pi \cdot \lambda_{\text{из}} \left[\frac{K(t_{\text{в}} - t_{\text{н}})}{q_L^I} - R_{\text{в}}^L \right] \quad (19)$$

определяют величину $\ln B$, где $B = \frac{2\pi r_{\text{в}} + 2\delta_{\text{из}}}{4\pi r_{\text{н}}}$; при этом приближенные значения $R_{\text{в}}^L$ следует принимать по таблице 3.

Таблица 3 - Ориентировочные значения $R_{\text{в}}^L$, м·°С/Вт

Условный диаметр трубы, мм	Внутри помещений						На открытом воздухе		
	Для поверхностей с малым коэффициентом излучения			Для поверхностей с высоким коэффициентом излучения					
	при температуре теплоносителя, °С								
	100	300	500	100	300	500	100	300	500
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_{Σ}^L определяется интерполяцией.

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

Затем находят величину B и определяют требуемую толщину изоляции по формуле

$$\delta_{\Sigma} = \frac{\alpha_{\Sigma}^{\text{ст}} (B - D)}{2} \quad (20)$$

При определении требуемой толщины двухслойной теплоизоляционной конструкции, которая обычно применяется тогда, когда температуростойкость основного изоляционного материала оказывается ниже температуры стенки изолируемого объекта и непосредственно на изолируемую поверхность укладывается предохранительный слой из более температуростойкого материала. Расчет производится следующим образом. Толщина первого предохранительного слоя определяется из условия, чтобы температура между

обоими слоями $t_{1,2}$ не превышала максимальной температуры применения основного изоляционного материала.

Для плоской стенки и цилиндрических объектов с диаметром 2 м и более для расчета толщины первого слоя применяется формула

$$\delta_{\text{ш1}} = \lambda_{\text{ш1}} \left[\frac{K(t_{\text{в}} - t_{1,2})}{q_{\text{л}}^{\text{н}}} \right] \quad (21)$$

Для второго слоя применяется формула (18), в которую вместо значения $t_{\text{в}}$ подставляется $t_{1,2}$.

Для расчета цилиндрических объектов с диаметром менее 2 м - аналогично однослойной конструкции по уравнению

$$\ln B_1 = 2\pi \lambda_{\text{ш1}} \left[\frac{K(t_{\text{в}} - t_{1,2})}{q_{\text{л}}^{\text{н}}} \right] \quad (22)$$

в котором $B_1 = \frac{d_{\text{в}}^{\text{н}} + 2\delta_{\text{ш1}}}{d_{\text{в}}^{\text{н}}}$, где определяют величину $\ln B$, затем находят B_1 и толщину первого слоя, м:

$$\delta_{\text{ш1}} = \frac{d_{\text{в}}^{\text{н}} (B_1 - 1)}{2}$$

Толщина второго слоя определяется с помощью формулы (19), в которой вместо значения $t_{\text{в}}$ подставляется значение $t_{1,2}$, а вместо $y - y_2$

$$B_2 = \frac{d_{\text{ш1}} + 2\delta_{\text{ш2}}}{d_{\text{ш1}}}$$

Определив $\ln B_2$, находят B_2 , а затем толщину изоляции второго слоя, м:

$$\delta_{\text{ш2}} = \frac{d_{\text{ш1}} (B_2 - 1)}{2} \quad (23)$$

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: $\delta_1 = \delta_{\text{л}1}$; $\delta_2 = \delta_{\text{л}2}$; $\delta_3 = \delta_{\text{л}3}$; +; $\delta_i = \delta_{\text{л}i}$ вычисление линейной плотности тепловых потоков $q_{\text{л}}^1$; $q_{\text{л}}^2$; +; $q_{\text{л}}^i$ по уравнению

$$q_{\text{л}}^i = \frac{\pi(t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) K}{\frac{1}{\alpha_{\text{в}} (d_{\text{в}}^{\text{н}} + 2\delta_{\text{л}i})} + \frac{1}{2\lambda_{\text{ш}}} \cdot \ln \frac{d_{\text{в}}^{\text{н}} + 2\delta_{\text{л}i}}{d_{\text{в}}^{\text{н}}}} \quad (24)$$

На каждом шаге вычислений i производится сравнение q_1^i с заданным значением нормативного удельного потока q_1^* . При выполнении условия

$$q_1^i - q_1^* \leq 0 \quad (25)$$

вычисления заканчиваются, а найденная величина $\delta = \delta_{0i}$ 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;

коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности теплоизоляции при расположении изолируемого объекта в помещении, при расположении на открытом воздухе, при скорости ветра 10 м/с по таблице 2.

2.2.2. Расчет изоляции по заданной величине снижения (повышения) температуры вещества, транспортируемого трубопроводами

Требуемое полное термическое сопротивление изоляции $R^L = R_1^L + R_2^L$ трубопровода длиной l , м, для обеспечения заданного снижения температуры транспортируемого по нему вещества от начальной t_1^i до конечной t_2^i при расходе вещества G , кг/ч, теплоемкостью C , кДж/(кг·°С) определяется из выражений:

$$\text{при } \frac{t_1^i - t_{н}}{t_2^i - t_{н}} \geq 2; \quad R_1^L = \frac{3,6 K l}{G C \ln \frac{t_1^i - t_{н}}{t_2^i - t_{н}}} \quad (26)$$

$$\text{при } \frac{t_1^i - t_{н}}{t_2^i - t_{н}} < 2; \quad R_2^L = \frac{3,6 K l \left(\frac{t_1^i - t_2^i}{2} - t_{н} \right)}{G C (t_1^i - t_2^i)} \quad (27)$$

где $t_{н}$ - расчетная температура окружающей среды, °С.

Для определения требуемой толщины изоляции $\delta_{и,2}$, м, по найденным значениям R_1^L и R_2^L используется формула

$$\ln B_{1,2} = 2 \pi \lambda_{и} (R_{1,2}^L - R_2^L). \quad (28)$$

Принимая приближенные значения $R_{и}$ по таблице 3 и определяя по формуле (28) $\ln B$ находят величину B и окончательно по формуле (20)

$$\delta_{и,2} = \frac{d_{и}^{\text{вн}} (B_{1,2} - 1)}{2}.$$

При расчете изоляции по заданной величине снижения (повышения) температуры транспортируемого вещества принимаются следующие значения параметров окружающей среды.

При размещении трубопровода в помещении:

температура наружной среды 20 °С;

коэффициент теплоотдачи - по таблице 2.

При размещении на открытом воздухе - среднюю температуру наиболее холодной пятидневки.

2.2.3 Расчет изоляции по заданной температуре ее поверхности

Определение толщины изоляции по заданной температуре ее наружной поверхности $t_{\text{н}}$ производится в том случае, когда изоляция нужна как средство, предохраняющее обслуживающий персонал от ожогов. При этом температура на поверхности должна приниматься не более, °С:

для изолируемых объектов, расположенных в рабочей или обслуживаемой зоне помещений и содержащих вещества:

температурой выше 100 °С	45
температурой 100 °С и ниже	35
температурой вспышки паров не выше 45 °С	35;

для изолируемых объектов, расположенных на открытом воздухе, в рабочей или обслуживаемой зоне, при:

металлическом покровном слое	45
для других видов покровного слоя	60.

Температура на поверхности тепловой изоляции трубопроводов, расположенных за пределами рабочей или обслуживаемой зоны, не должна превышать температурных пределов применения материалов покровного слоя, но не выше 75 °С. Из условия равенства плотности тепловых потоков: кондуктивного, проходящего через слой изоляции $\delta_{\text{из}}$ м, за счет разности температур $t_{\text{в}}$ - $t_{\text{н}}$, и конвективного, уходящего с наружной поверхности за счет разности $t_{\text{н}}$ - $t_{\text{с}}$ можно написать:

$$R_{\text{из}} = \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}}{t_{\text{н}} - t_{\text{с}}} R_{\text{с}}; \quad (29)$$

$$K_{\text{из}}^L = \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}}{t_{\text{н}} - t_{\text{с}}} R_{\text{с}}^L. \quad (30)$$

Из (29), (30) получим формулы для расчета толщины изоляции исходя из требуемой температуры поверхности:

для плоских теплоизоляционных конструкций

$$\delta_{\text{из}} = \frac{\lambda_{\text{из}}(t_{\text{в}} - t_{\text{н}})}{\alpha_{\text{с}}(t_{\text{н}} - t_{\text{с}})}; \quad (31)$$

для цилиндрических

$$\ln B = \ln \frac{\alpha_{\text{с}}^{\text{ст}} + 2\delta_{\text{из}}}{\alpha_{\text{с}}^{\text{ст}}} = 2\pi \cdot \lambda_{\text{из}} \cdot R_{\text{с}}^L \cdot \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}}{t_{\text{н}} - t_{\text{с}}}, \quad (32)$$

откуда, принимая по таблице 3 ориентировочное значение $K_{\text{с}}^L$ и определяя $\ln B$, находим B , а затем

$$\delta_{\text{ш}} = \frac{d_{\text{ш}}^{\text{ст}} (\beta - 1)}{2}$$

Рассмотренный метод является приближенным. Для более точных расчетов с применением ПК следует использовать метод последовательных приближений, рассмотренный в конце раздела 2.2.1. Расчетное уравнение в этом случае будет иметь вид

$$\left(\frac{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}}{t_{\text{н}} - t_{\text{п}}} \right)_i = \frac{\ln \frac{d_{\text{ш}}^{\text{ст}} + 2\delta_0^i}{d_{\text{ш}}^{\text{ст}}} \alpha_{\text{ш}} (d_{\text{ш}}^{\text{ст}} + 2\delta_{\text{т}}^i)}{2\lambda_{\text{ш}}} \quad (33)$$

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

$$\left(\frac{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}}{t_{\text{н}} - t_{\text{п}}} \right)_1; \left(\frac{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}}{t_{\text{н}} - t_{\text{п}}} \right)_2; \dots; \left(\frac{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}}{t_{\text{н}} - t_{\text{п}}} \right)_i \quad \text{по уравнению (33).}$$

На каждом шаге вычислений i производится сравнение $\left(\frac{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}}{t_{\text{н}} - t_{\text{п}}} \right)_i$ с заданным значением $\left(\frac{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}}{t_{\text{н}} - t_{\text{п}}} \right)_p$.

При выполнении условия

$$\left(\frac{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}}{t_{\text{н}} - t_{\text{п}}} \right)_i - \left(\frac{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}}{t_{\text{н}} - t_{\text{п}}} \right)_p \geq 0 \quad (34)$$

вычисления заканчиваются, а найденная величина $\delta_i = \delta_0 \cdot i$ является с точностью до 1 мм заданной, обеспечивающей требуемую температуру поверхности изоляции.

При расчете толщины изоляции по заданной температуре поверхности принимаются следующие расчетные параметры окружающей среды:

температура внутренней среды $t_{\text{в}}$ - по техническому заданию на проектирование;

температура наружной среды $t_{\text{н}}$ - как средняя максимальная наиболее жаркого месяца, при расположении изолируемого объекта на открытом воздухе, при расположении в помещении - 20 °С;

коэффициент теплоотдачи на наружной поверхности изоляции объекта, расположенного в помещении и на открытом воздухе, при покровном слое с малым коэффициентом излучения (см. примечания к таблице 2) - 6 Вт/(м²·°С), с большим - 11 Вт/(м²·°С).

2.2.4 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 ($t_{\text{н}} - t_{\text{п}}$), при котором исключается конденсация влаги из воздуха (таблица 4).

Таблица 4 - Расчетный перепад $t_{\text{н}} - t_{\text{в}}$, °C

$t_{\text{н}}$, °C	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

По аналогии с формулами (28)-(31) можно написать:

$$R_{\text{из}} = \frac{t_{\text{н}} - t_{\text{в}}}{t_{\text{н}} - t_{\text{в}}} R_{\text{из}}; \quad \delta_{\text{из}} = \frac{\lambda_{\text{из}} (t_{\text{н}} - t_{\text{в}})}{\alpha_{\text{н}} (t_{\text{н}} - t_{\text{в}})}; \quad (35)$$

$$R_{\text{из}}^L = \frac{t_{\text{н}} - t_{\text{в}}}{t_{\text{н}} - t_{\text{в}}} R_{\text{из}}^L; \quad \ln B = 2 \epsilon \lambda_{\text{из}} R_{\text{из}}^L \frac{t_{\text{н}} - t_{\text{в}}}{t_{\text{н}} - t_{\text{в}}}. \quad (36)$$

Требуемая толщина изоляции для плоских конструкций определяется по формуле (34), для цилиндрических - по (35), по методике, изложенной в разделе 2.2.3.

В расчетах принимают:

температуру наружной среды $t_{\text{н}}$ равной температуре помещения;

температуру внутренней среды $t_{\text{в}}$ и относительную влажность воздуха φ в соответствии с техническим заданием на проектирование;

коэффициент теплоотдачи $\alpha_{\text{н}}$, для поверхностей с высоким коэффициентом излучения (см. примечания к таблице 2) - 7 Вт/(м²·°C), с малым - 4 Вт/(м²·°C).

2.3 Расчет изоляции трубопроводов тепловых сетей

2.3.1 Надземная прокладка

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

При определении толщины изоляции трубопроводов тепловых сетей по нормированным значениям плотности тепловых потоков от подающих и обратных теплопроводов используется методика расчетов, изложенная в разделе 2.2.1. При этом в качестве расчетных температур внутренней среды $t_{\text{в}}$ принимают среднегодовые температуры теплоносителя по таблице 5;

за расчетную температуру наружной среды при круглогодичной работе тепловой сети - среднегодовую температуру наружного воздуха, при работе только в отопительный период - среднюю за отопительный период. Расчетный коэффициент теплоотдачи $\alpha_{\text{н}}$ - по таблице 2.

Таблица 5 - Среднегодовые температуры теплоносителя в водяных тепловых сетях, °С

Трубопровод	Расчетные температурные режимы, °С		
	95-70	150-70	180-70
Подающий	65	90	110
Обратный	50	50	50

2.3.2 Подземная прокладка в непроходных каналах

Тепловые потери через изолированную поверхность двухтрубных тепловых сетей, прокладываемых в непроходном канале шириной b и высотой h , м, на глубине H , м, от поверхности земли до оси канала определяются по формуле

$$q_1^L, q_2^L = \frac{(t_{\text{max}} - t_{\text{н}})K}{R_{\text{max}} + R_{\text{тр}}^K}, \quad (37)$$

а температура воздуха в канале t_{max}

$$t_{\text{max}} = \frac{\frac{t_{\text{в1}}}{R_{\text{в1}}^L + R_{\text{г1}}^L} + \frac{t_{\text{в2}}}{R_{\text{в2}}^L + R_{\text{г2}}^L} + \frac{t_{\text{н}}}{R_{\text{max}} + R_{\text{тр}}^K}}{\frac{1}{R_{\text{в1}}^L + R_{\text{г1}}^L} + \frac{1}{R_{\text{в2}}^L + R_{\text{г2}}^L} + \frac{1}{R_{\text{max}} + R_{\text{тр}}^K}}, \quad (38)$$

где

$$R_{\text{в1}}^L = \frac{1}{2\pi\lambda_{\text{в}}} \ln \frac{d_1 + 2\delta_{\text{в1}}}{d_1};$$

$$R_{\text{в2}}^L = \frac{1}{2\pi\lambda_{\text{в}}} \ln \frac{d_2 + 2\delta_{\text{в2}}}{d_2}; \quad (39)$$

$$R_{\text{г1}}^L = \frac{1}{2\pi\alpha_{\text{г}}(d_1 + 2\delta_{\text{г1}})}; \quad R_{\text{г2}}^L = \frac{1}{2\pi\alpha_{\text{г}}(d_2 + 2\delta_{\text{г2}})}; \quad (40)$$

$$R_{\text{max}} = \frac{1}{\pi\alpha_{\text{н}} \frac{2bh}{b+h}}; \quad (41)$$

q_1^L, q_2^L - линейные плотности теплового потока от подающего и обратного трубопроводов, Вт/м;

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

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

K - коэффициент дополнительных потерь (таблица 1);

$R_{\text{и1}}^L, R_{\text{и2}}^L$ - термические сопротивления изоляции подающего и обратного трубопроводов, $\text{м}^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$;

$R_{\text{к1}}^L, R_{\text{к2}}^L$ - термические сопротивления теплоотдаче от поверхности изоляции подающего и обратного трубопроводов, $\text{м}^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$;

$R_{\text{вн}}$ - термическое сопротивление теплоотдаче от воздуха к поверхности канала, $\text{м}^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$;

$\alpha_{\text{к}}$ - коэффициент теплоотдачи в канале, принимается равным $11 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$;

$\lambda_{\text{и}}$ - теплопроводность изоляции в конструкции, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C})$;

$\delta_{\text{и1}}, \delta_{\text{и2}}$ - толщины изоляции подающего и обратного трубопроводов, м;

$R_{\text{гр}}^K$ - термическое сопротивление грунта, $\text{м}^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$, определяется по формуле

$$R_{\text{гр}}^K = \frac{\ln \left[3,5 \frac{H}{h} \left(\frac{h}{b} \right)^{0,25} \right]}{\left(5,7 + 0,5 \frac{b}{h} \right) \lambda_{\text{гр}}}, \quad (42)$$

$\lambda_{\text{гр}}$ - теплопроводность грунта, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C})$, таблица 6.

Для определения толщины изоляции подающего и обратного трубопроводов по заданной, нормированной линейной плотности потока q_1^{-L} и q_2^{-L} , $\text{Вт}/\text{м}$, предварительно определяют по ним температуру воздуха в канале по формуле

$$t_{\text{вн}} = t_{\text{к}} + K(q_1^{-L} + q_2^{-L}) \cdot (R_{\text{вн}} + R_{\text{гр}}^K). \quad (43)$$

Таблица 6 - Теплопроводность грунта

Вид грунта	Средняя плотность, $\text{кг}/\text{м}^3$	Весовое влагосодержание грунта, %	Коэффициент теплопроводности, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C})$
Песок	1480	4	0,86
		5	1,11
	1600	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

Затем вычисляются для каждого трубопровода величины $\ln B_1 = k \frac{d_1 + 2\delta_{ис1}}{d_1}$ и $\ln B_2 = k \frac{d_2 + 2\delta_{ис2}}{d_2}$

по формулам:

$$\ln B_1 = 2\pi\lambda_{ис} \cdot \left(\frac{t_{в2} - t_{мк}}{q_1 - t} - R_{в1}^L \right); \quad (44)$$

$$\ln B_2 = 2\pi\lambda_{ис} \cdot \left(\frac{t_{в2} - t_{мк}}{q_2 - t} - R_{в2}^L \right); \quad (45)$$

в которых приближенные значения $R_{в1}^L$ и $R_{в2}^L$ принимаются по таблице 3.

Определяя по таблице натуральных логарифмов B_1 и B_2 , по формуле (20) вычисляют значения толщин изоляции $\delta_{ис1} = \frac{d_1(B_1 - 1)}{2}$; $\delta_{ис2} = \frac{d_2(B_2 - 1)}{2}$, обеспечивающих требуемые нормативные потери тепла.

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 принимают среднюю за год температуру грунта на глубине заложения трубопровода. При расстоянии от поверхности грунта до перекрытия канала 0,7 м и менее за расчетную температуру наружной среды должна приниматься та же температура наружного воздуха, что и при надземной прокладке.

2.3.3 Подземная бесканальная прокладка

Тепловые потери двухтрубных тепловых сетей при бесканальной прокладке, расположенных в грунте на одинаковом расстоянии от поверхности до оси труб H , м, определяются по формулам:

$$q_1^L = \frac{(t_{в1} - t_{в}) (R_{в2}^L + R_{тр2}^K) - (t_{в2} - t_{в}) \cdot R_0}{(R_{в1}^L + R_{тр1}^K)(R_{в2}^L + R_{тр2}^K) - R_0^2} K; \quad (46)$$

$$q_2^L = \frac{(t_{в2} - t_{в}) (R_{в1}^L + R_{тр1}^K) - (t_{в1} - t_{в}) \cdot R_0}{(R_{в2}^L + R_{тр2}^K)(R_{в1}^L + R_{тр1}^K) - R_0^2} K, \quad (47)$$

где $R_{тр}^K$ - термическое сопротивление грунта при бесканальной прокладке, $м \cdot ^\circ C / Вт$, определяется по формуле

$$R_{тр}^K = \frac{1}{2\pi\lambda_{тр}} \ln \left[\frac{2H}{d} + \sqrt{\left(\frac{2H}{d}\right)^2 - 1} \right], \quad (48)$$

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

$\lambda_{тр}$ - теплопроводность грунта, $Вт / (м \cdot ^\circ C)$;

H - глубина заложения - расстояние от оси труб до поверхности земли, м;

R_0 - термическое сопротивление, обусловленное тепловым взаимодействием двух труб, $м \cdot ^\circ C / Вт$, определяется из выражения

$$R_0 = \frac{\ln \sqrt{1 + \left(\frac{2H}{K_{12}}\right)^2}}{2\pi\lambda_{тр}}, \quad (49)$$

в котором K_{12} - расстояние между осями труб по горизонтали, м.

Остальные значения величин в (46), (47) те же, что и в формуле (39) для канальной прокладки.

Формулы для расчета толщины изоляции бесканальных теплопроводов по нормированной плотности тепловых потоков имеют вид:

$$\ln \frac{d_1 + 2\delta_{и1}}{d_1} = \frac{2\pi\lambda_{и1}\lambda_{тр}}{\lambda_{тр} - \lambda_{и1}} \left(\frac{t_{в1} - t_{в} - q_2^L R_0}{q_1^L} - R_{тр1}^K \right); \quad (50)$$

$$\ln \frac{d_2 + 2\delta_{\text{ш2}}}{d_2} = - \frac{2\pi\lambda_{\text{ш2}}\lambda_{\text{тр}}}{\lambda_{\text{тр}} - \lambda_{\text{ш2}}} \left(\frac{t_{\text{в2}} - t_{\text{н}} - q_1^{-1}R_0}{q_2^{-1}} - R_{\text{тр2}} \right) \quad (51)$$

Определив с помощью (50), (51) значения $B_1 = \frac{d_1 + 2\delta_{\text{ш1}}}{d_1}$ и $B_2 = \frac{d_2 + 2\delta_{\text{ш2}}}{d_2}$, толщины изоляции вычисляются так же, как и для канальной прокладки в разделе 2.3.2.

Параметры теплоносителя и наружной среды для расчета изоляции трубопроводов бесканальной прокладки принимаются такими же, как и для канальной.

3 ТАБЛИЦЫ ТОЛЩИН ИЗОЛЯЦИИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ, ТРУБОПРОВОДОВ И ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

3.1. Таблицы толщин изоляции составлены на основе норм плотности теплового потока через поверхность изоляции технологического оборудования, трубопроводов и тепловых сетей, введенных постановлением Госстроя России от 31.12.97 г. N 18-80 (Изменение N 1 к СНиП 2.04.14-88), и предназначены для реализации повышенных требований к теплозащите при строительстве, капитальном ремонте и эксплуатации тепловой изоляции.





















3.2. Теплозащитные характеристики изоляционных материалов в конструкциях, расчетные параметры температурных режимов оборудования, трубопроводов и наружного воздуха, а также условий теплообмена конструкций с окружающей средой при разработке таблиц приняты в соответствии с указаниями раздела 3 СНиП 2.04.14-88.

3.3. Толщины тепловой изоляции технологического оборудования и трубопроводов приведены в приложении Б. Толщины изоляции двухтрубных тепловых сетей при надземной прокладке на открытом воздухе, в помещениях и подвалах зданий - в приложении В. Толщины изоляции двухтрубных тепловых сетей при подземной прокладке в непроходных каналах и бесканально - в приложении Г.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

РАСЧЕТНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ

Материал, изделие	Средняя плотность в конструкции, кг/м ³	Теплопроводность теплоизоляционного материала в конструкции $\lambda_{\text{ш}}$, Вт/(м·°С) для поверхностей с температурой, °С		Температура применения, °С	Группа горючести
		20 и выше	19 и ниже		
Плиты минераловатные прошивные	120	0,045+0,00021 $\lambda_{\text{ш}}$	0,044-0,035	От минус 180 до 450 для матов, на ткани, сетке, холсте из стекловолокна; до 700 - на металлической сетке	Негорючие
	150	0,049+0,0002 $\lambda_{\text{ш}}$	0,048-0,037		
Плиты теплоизоляционные из минеральной ваты на синтетическом связующем	65	0,04+0,00029 $\lambda_{\text{ш}}$	0,039-0,03	От минус 60 до 400	"
	95	0,043+0,00022 $\lambda_{\text{ш}}$	0,042-0,031		

	120	0,044+0,00021 	0,043-0,032	От минус 180 до 400	
	180	0,052+0,0002 	0,051-0,038		
Теплоизоляционные изделия из вспененного этиленполипропиленового каучука "Аэрофлекс"	60	0,034+0,0002 	0,033	От минус 57 до 125	Слабогорючие
Полуцилиндры и цилиндры минераловатные	50	0,04+0,00003 	0,039-0,029	От минус 180 до 400	Негорючие
	80	0,044+0,00022 	0,043-0,032		
	100	0,049+0,00021 	0,048-0,036		
	150	0,05+0,0002 	0,049-0,035		
	200	0,053+0,00019 	0,052-0,038		
Шнур теплоизоляционный из минеральной ваты	200	0,056+0,00019 	0,055-0,04	От минус 180 до 600 в зависимости от материала сетчатой трубки	В сетчатых трубках из металлической проволоки и нити стеклянной - негорючие, остальные слабогорючие
Маты из стеклянного штапельного волокна на синтетическом связующем	50	0,04+0,0003 	0,039-0,029	От минус 60 до 180	Негорючие
	70	0,042+0,00028 	0,041-0,03		
Маты и вата из супертонкого стеклянного волокна без связующего	70	0,033+0,00014 	0,032-0,024	От минус 180 до 400	"
Маты и вата из супертонкого базальтового волокна без связующего	80	0,032+0,00019 	0,031-0,24	От минус 180 до 600	"
Песок перлитовый, вспученный, мелкий	110	0,052+0,00012 	0,051-0,038	От минус 180 до 875	"
	150	0,055+0,00012 	0,054-0,04		
	225	0,058+0,00012 	0,057-0,042		
Теплоизоляционные изделия из пенополистирола	30	0,033+0,00018 	0,032-0,024	От минус 180 до 70	Горючие
	50	0,036+0,00018 	0,035-0,026		
	100	0,041+0,00018 	0,04-0,03		
Теплоизоляционные изделия из пенополиуретана	40	0,030+0,00015 	0,029-0,024	От минус 180 до 130	"

	50	0,032+0,00015 $\lambda_{\text{м}}$	0,031-0,025		
	70	0,037+0,00015 $\lambda_{\text{м}}$	0,036-0,027		
Теплоизоляционные изделия из бутадиен-акрилонитрила "Кайманфлекс (K-flex)" марок:					
EC	60-80	0,036	0,034	От минус 40 до 105	Слабогорючие
ST	60-80	0,036	0,034		
ECO	60-95	0,040	0,036	От минус 70 до 130	
Теплоизоляционные изделия из пенополиэтилена	50	0,035+0,00018 $\lambda_{\text{м}}$	0,033	От минус 70 до 70	"

Примечания

1 Средняя температура теплоизоляционного слоя, °С:

$t_{\text{ср}} = (t_{\text{вн}} + 40) / 2$ - на открытом воздухе в летнее время, в помещении, в каналах, тоннелях, технических подпольях, на чердаках и в подвалах зданий,

$t_{\text{ср}} = t_{\text{вн}} / 2$ - на открытом воздухе, воздухе в зимнее время, где $t_{\text{вн}}$ - температура среды внутри изолируемого оборудования (трубопровода).

2 Большее значение расчетной теплопроводности теплоизоляционного материала в конструкции для поверхностей с температурой 19 °С и ниже относится к температуре изолируемой поверхности от минус 60 до 19 °С, меньшее - к температуре минус 61 °С и ниже.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

**ТОЛЩИНА ТЕПЛОЙ ИЗОЛЯЦИИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ТРУБОПРОВОДОВ**

Территориальный район: Европейский район РФ

Тип прокладки: на открытом воздухе

Вид изоляции: маты минераловатные прошивные М-100

Теплопроводность: 0,04500+0,00021 λ , Вт/(м·°С)

Таблица Б.1

Наружный диаметр трубы, мм	Температуре изолируемой поверхности, °С																						
	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	550	575	600
	Толщина изоляции, мм																						
18																							
25																							
45																							
57	50	63	79	117	94	100	107	114	122	127	129	135	139	144	149	155	161	166	170	176	179	183	188

18																				
25																				
45																				
57	46	54	57	64	71	78	92	108	116	103	100	103	106	114						
76	56	60	64	73	77	81	85	89	93	97	102	106	111	120						
89	54	60	65	70	76	80	85	90	96	101	106	111	117	123						
108	56	63	70	72	79	85	87	93	96	102	108	115	121	124						
133	57	62	70	74	81	85	93	100	104	111	115	119	127	131						
159	60	67	73	78	84	89	94	102	107	116	121	126	131	137						
219	62	69	75	82	87	95	102	107	114	118	125	130	135	142						
273	64	73	80	85	92	98	104	111	117	123	129	135	141	146						
325	65	73	82	88	96	102	107	115	120	127	133	138	143	149						
377	66	75	83	90	98	104	111	118	124	129	135	141	146	152						
426	68	76	83	92	98	104	112	117	125	130	137	143	148	154						
480	70	79	87	95	102	109	116	123	129	136	142	149	155	160						
530																				
630																				
720																				
820																				
920																				
1020																				
Криво- линей- ная поверх- ность диамет- ром более 1500 мм и плоская	76	87	97	103	111	119	129	136	146	153	159	168	175	183						

Территориальный район: Европейский район РФ

Тип прокладки: в помещении

Вид изоляции: маты из стеклянного штапельного волокна М-35, 50

Теплопроводность: $0,04000+0,00030 \lambda$, Вт/(м·°С)

Таблица Б.4

Наруж-	Температура изолируемой поверхности, °С
--------	-----------------------------------------

ный диаметр трубы, мм	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	
	Толщина изоляции, мм																							
18																								
25																								
45																								
57	41	52	55	64	66	74	83	85	93	95	98	101	104	112										
76	42	49	55	65	70	74	79	83	93	97	102	106	111	116										
89	44	52	59	66	71	77	83	88	94	99	105	111	116	118										
108	49	59	67	70	77	80	87	93	96	103	106	112	119	122										
133	46	53	63	69	77	82	87	94	99	107	111	115	123	128										
159	48	57	65	72	78	84	90	99	104	110	115	121	127	132										
219	52	61	69	78	84	90	98	103	111	116	121	126	131	138										
273	54	65	74	80	88	93	100	107	112	118	125	131	138	142										
325	55	65	74	81	87	93	100	108	113	121	127	133	140	146										
377	55	67	75	84	91	97	104	111	118	123	130	137	142	148										
426	57	68	77	84	91	98	105	112	119	126	132	137	143	151										
480	57	68	78	86	93	100	107	115	122	129	136	142	149	154										
530																								
630																								
720																								
820																								
920																								
1020																								
Криволинейная поверхность диаметром более 1500 мм и плоская	62	76	88	95	105	111	120	128	138	145	152	162	168	178										

Территориальный район: Европейский район РФ

Тип прокладки: на открытом воздухе

Вид изоляции: плиты минераловатные на синтетическом связующем М-75

Теплопроводность: 0,04300+0,00022 λ , Вт/(м·°С)

Таблица Б.5

Наруж- ный диаметр трубы, мм	Температура изолируемой поверхности, °С																							
	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	550	575	600	
	Толщина изоляции, мм																							
18																								
25																								
45																								
57																								
76																								
89																								
108	57	71	82	89	100	110	118	126	132	138	143	151	156	163	170									
133	58	71	83	96	106	116	126	129	133	140	147	154	160	167	172									
159	62	75	86	99	112	121	128	132	136	143	150	158	166	172	179									
219	64	78	92	105	117	126	136	140	145	152	159	167	175	182	188									
273	66	82	95	109	120	131	142	148	152	162	170	178	185	193	202									
325	67	85	99	112	124	134	144	151	158	166	174	183	191	200	208									
377	67	86	102	115	126	137	148	154	160	169	179	188	196	204	213									
426	69	87	101	116	129	140	150	157	163	173	182	191	200	208	216									
480	71	90	107	121	133	145	155	162	169	178	188	197	207	216	224									
530																								
630																								
720																								
820																								
920																								
1020																								
Криво- линей- ная поверх- ность диамет- ром более 1500 мм и плоская	78	99	116	136	151	168	184	193	203	217	231	244	257	270	281									

Территориальный район: Европейский район РФ

Тип прокладки: в помещении

Вид изоляции: плиты минераловатные на синтетическом связующем М-75

Теплопроводность: 0,04300+0,00022 λ , Вт/(м·°С)

Таблица Б.6

Наруж- ный диаметр трубы, мм	Температура изолируемой поверхности, °С																							
	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	550	575	600	
	Толщина изоляции, мм																							
18																								
25																								
45																								
57																								
76																								
89																								
108	49	67	76	88	96	107	115	123	121	135	143	150	156	162	169									
133	46	65	78	90	101	112	119	125	131	138	145	151	157	163	170									
159	48	67	80	95	105	116	126	129	133	140	147	155	163	169	175									
219	53	72	86	100	111	121	131	135	140	149	157	165	171	180	187									
273	54	76	90	103	115	127	138	144	149	157	165	174	183	191	200									
325	55	76	90	104	117	130	140	147	153	163	172	180	189	197	208									
377	55	78	93	108	120	132	143	150	156	165	174	183	192	202	216									
426	57	79	95	109	122	134	146	152	158	169	178	187	197	212	214									
480	58	81	96	112	126	138	151	157	165	175	185	195	204	213	222									
530																								
630																								
720																								
820																								
920																								
1020																								
Криво- линей- ная поверх- ность диа- метром более 1500 мм и плоская	62	90	108	127	143	161	178	188	195	210	224	238	251	264	273									

Территориальный район: Европейский район РФ

1500 мм и плоская																							
-------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Территориальный район: Европейский район РФ

Тип прокладки: на открытом воздухе

Вид изоляции: маты из супертонкого стекловолокна без связующего

Теплопроводность: 0,03300+0,00010 λ, Вт/(м·°C)

Таблица Б.9

Наруж- ный диаметр трубы, мм	Температура изолируемой поверхности, °C																							
	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	
	Толщина изоляции, мм																							
18																								
25																								
45																								
57	30	33	34	37	40	42	47	52	55	49	47	47	47	49	49	50	50	51	53					
76	36	38	39	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	54	55	56	57	58	58					
89	36	38	41	42	44	46	47	49	50	52	53	54	56	57	58	59	59	61	61					
108	38	41	44	44	47	49	50	52	52	54	56	58	59	60	61	62	62	64	64					
133	38	41	45	46	49	51	54	56	57	60	60	61	64	65	67	68	67	67	68					
159	41	45	47	50	52	54	55	59	60	63	65	66	67	69	69	70	71	71	70					
219	44	47	49	53	55	58	61	63	66	67	70	71	72	74	76	77	77	77	78					
273	45	50	54	56	59	62	64	67	69	71	73	75	77	78	80	82	83	83	84					
325	46	51	55	58	62	64	67	70	72	74	76	78	80	81	83	84	85	86	87					
377	47	52	56	60	64	67	69	72	75	76	78	81	82	84	86	88	88	89	90					
426	48	53	57	61	64	67	70	73	76	78	81	82	84	86	88	90	91	92	93					
480	50	55	60	64	67	71	74	76	79	82	84	86	89	90	92	94	94	95	97					
530	50	55	60	64	68	71	73	77	79	81	83	86	89	91	93	96	96	97	98					
630	52	57	61	66	69	72	76	78	81	84	87	89	91	94	96	98	99	100	101					
720	52	58	63	66	71	74	77	80	83	86	88	91	93	96	98	101	101	103	103					
820	53	59	63	68	71	75	80	85	90	94	98	99	100	100	101	102	103	104	105					
920	53	59	64	68	73	76	79	82	85	88	91	94	97	99	102	104	105	106	107					
1020	53	59	64	69	72	76	80	83	86	89	92	95	98	100	103	106	107	108	109					
Криво- линей- ная поверх-	57	63	69	73	77	82	87	91	96	100	103	107	110	114	117	121	123	126	126					

диаметр трубы, мм	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	550	575	600	
	Толщина изоляции, мм																							
18																								
25																								
45																								
57	35	49	60	71	78	85	93	102	108	118	126	134	140	147	154	163	169	178	186	194	200	209	217	
76	36	50	61	72	82	93	100	109	115	110	129	140	149	156	163	172	178	187	195	203	210	217	224	
89	38	54	64	76	85	94	104	111	116	127	137	147	154	163	169	174	182	190	200	207	215	224	231	
108	42	58	67	78	87	98	107	117	116	132	141	150	157	165	174	183	191	199	206	215	223	231	238	
133	40	56	69	81	92	103	112	119	126	134	143	150	158	166	175	182	190	199	208	217	225	232	239	
159	42	58	71	85	96	107	118	123	129	137	145	155	164	173	180	189	197	195	214	224	232	241	248	
219	46	63	77	91	102	113	124	129	136	146	155	164	172	183	192	200	208	217	226	236	245	252	260	
273	47	67	80	94	106	118	130	138	144	154	164	174	185	194	205	214	222	230	239	249	259	267	277	
325	45	68	81	95	108	121	133	141	149	159	170	180	190	200	210	219	228	238	248	257	266	276	285	
377	49	70	84	99	112	124	136	144	151	162	172	183	194	205	215	224	234	244	253	263	272	281	291	
426	50	70	86	100	113	126	138	146	154	165	176	187	198	215	219	229	238	248	257	267	277	287	297	
480	51	72	87	103	117	130	143	151	160	172	183	194	205	216	227	236	246	257	267	278	288	297	306	
530	51	73	88	104	118	132	144	153	161	172	184	195	206	217	228	238	248	260	270	280	290	299	309	
630	50	73	89	106	120	134	147	156	165	176	188	200	211	222	233	243	254	265	276	286	296	306	317	
720	53	75	91	107	121	135	149	159	167	179	191	202	214	226	237	248	258	270	281	291	301	311	322	
820	52	75	92	108	123	137	152	160	169	181	194	209	218	230	241	252	263	273	284	295	306	317	328	
920	53	76	93	109	124	139	153	163	171	184	197	209	220	232	244	255	266	290	288	299	311	322	333	
1020	52	76	93	110	125	134	144	158	173	186	198	211	224	236	248	258	269	280	291	303	314	326	337	
Криво- линей- ная поверх- ность диамет- ром более 1500 мм и плоская	55	82	99	118	135	153	171	182	191	207	222	237	252	267	282	296	308	325	339	353	367	384	398	

Территориальный район: Европейский район РФ

Тип прокладки: на открытом воздухе

Вид изоляции: маты минераловатные плотностью 55 кг/м³

Теплопроводность: 0,03400+0,00028 λ , Вт/(м·°С)

Таблица Б.21

Наруж- ный диаметр трубы, мм	Температура изолируемой поверхности, °С																							
	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	550	575	600	
	Толщина изоляции, мм																							
18																								
25																								
45																								
57																								
76																								
89																								
108																								
133																								
159																								
219																								
273	54	69	83	97	109	121	133	141	148	160	171	181	191	202	213	223	233	242	253	263	274	285		
325	55	72	86	99	112	124	135	144	154	164	174	186	197	209	219	229	239	250	260	271	282	292		
377	56	73	89	103	115	127	139	148	156	168	180	191	201	212	224	234	245	255	266	277	287	299		
426	57	74	89	103	117	130	141	151	159	171	183	194	205	217	227	238	249	259	270	282	292	303		
480	59	77	93	108	122	135	147	155	165	176	188	200	213	225	236	246	257	269	281	291	303	313		
530	59	77	93	107	120	135	149	157	165	178	190	202	214	226	238	249	259	271	283	294	305	316		
630	61	79	95	110	124	138	152	160	169	182	194	206	219	231	243	255	266	278	289	300	311	322		
720	61	80	96	111	125	140	154	163	172	185	197	210	222	234	246	258	270	282	293	304	315	327		
820	62	81	98	119	140	148	156	165	174	187	200	213	226	238	251	263	274	285	297	309	321	333		
920	62	82	98	114	128	144	158	167	177	190	203	216	229	242	254	266	278	290	301	313	326	338		
1020	63	82	99	115	129	145	160	169	179	192	205	218	231	244	257	269	281	293	305	325	347	350		
Криво- линей- ная поверх- ность диамет- ром более 1500 мм и плоская	66	87	104	124	140	158	176	187	199	215	231	247	263	278	291	306	322	337	352	370	385	400		

Территориальный район: Европейский район РФ

Тип прокладки: в помещении

Вид изоляции: маты минераловатные плотностью 55 кг/м³

Теплопроводность: 0,03400+0,00028 λ , Вт/(м·°С)

Таблица Б.22

Наруж- ный диаметр трубы, мм	Температура изолируемой поверхности, °С																							
	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	550	575	600	
	Толщина изоляции, мм																							
18																								
25																								
45																								
57																								
76																								
89																								
108																								
133																								
159																								
219																								
273	46	65	79	92	105	118	131	139	146	156	167	179	190	201	212	223	232	241	252	262	273	283		
325	46	66	79	94	108	121	133	143	151	162	174	184	196	207	218	227	237	249	260	270	281	292		
377	47	68	82	98	111	124	136	145	153	165	176	187	199	211	222	233	244	255	265	276	286	297		
426	49	69	84	99	112	126	139	147	156	168	180	192	204	222	227	237	248	258	269	280	291	302		
480	49	70	85	102	116	130	144	153	162	175	187	199	211	222	234	245	256	268	279	291	302	312		
530	49	71	87	102	117	131	144	154	163	175	187	200	212	224	235	247	258	270	282	293	304	315		
630	49	71	88	104	119	134	147	157	167	179	191	204	217	228	240	252	263	275	288	299	310	321		
720	51	73	89	105	120	135	150	160	169	182	194	207	219	232	244	256	268	280	293	304	315	326		
820	51	74	90	107	122	137	152	161	171	184	197	214	224	236	249	261	272	284	295	308	320	332		
920	51	74	91	108	123	139	154	164	173	187	200	213	225	238	252	263	275	301	299	312	324	337		
1020	51	74	92	109	124	134	144	160	175	189	202	216	230	243	255	266	278	290	303	316	328	341		
Криво- линей- ная поверх- ность диамет- ром более 1500 мм и плоская	53	80	97	117	134	153	171	184	193	209	226	242	257	273	289	304	317	334	350	365	380	397		

Территориальный район: Европейский район РФ

Тип прокладки: на открытом воздухе

Вид изоляции: цилиндры минераловатные плотностью 80 кг/м³

Теплопроводность: 0,03500+0,00023 λ , Вт/(м·°С)

Таблица Б.23

Наружный диаметр трубы, мм	Температура изолируемой поверхности, °С																							
	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	550	575	600	
	Толщина изоляции, мм																							
18																								
25																								
45	37	43	49	56	62	69	77	82	87	94	98	102	108	113	117	122	127	133	137	141	146	151	155	
57	37	46	58	86	72	77	84	91	98	103	106	113	117	122	128	134	141	146	152	158	162	167	172	
76	44	53	61	66	75	83	92	98	103	111	116	123	127	133	138	145	149	157	162	167	171	179	184	
89	44	52	62	69	78	88	96	102	108	114	119	125	152	138	145	150	154	161	166	174	178	192	204	
108	45	56	66	72	81	91	98	105	111	117	122	130	136	142	149	156	162	168	173	181	187	193	198	
133	46	57	67	78	87	96	106	109	113	120	127	134	140	147	152	159	166	172	178	184	189	195	201	
159	49	61	70	82	92	101	108	112	116	123	130	138	145	152	159	165	171	178	184	190	197	203	209	
219																								
273																								
325																								
377																								
426																								
480																								
530																								
630																								
720																								
820																								
920																								
1020																								
Криволинейная поверхность диаметром более 1500 мм и плоская	65	85	100	119	133	149	164	174	184	198	211	225	238	251	262	275	288	300	313	328	340	353	365	

Территориальный район: Европейский район РФ

Тип прокладки: в помещении

Вид изоляции: цилиндры минераловатные плотностью 80 кг/м³

Теплопроводность: 0,03500+0,00023 λ , Вт/(м·°С)

Таблица Б.24

Наружный диаметр трубы, мм	Температура изолируемой поверхности, °С																							
	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	550	575	600	
	Толщина изоляции, мм																							
18																								
25																								
45	25	39	46	53	60	67	72	87	86	98	96	100	106	111	115	120	125	130	136	140	145	150	154	
57	32	45	55	64	69	75	81	88	93	101	107	113	118	122	128	134	138	146	151	157	161	168	173	
76	34	46	56	65	74	83	89	95	100	96	111	120	127	132	137	144	148	155	161	167	171	176	182	
89	35	50	59	69	77	84	92	98	102	111	118	126	132	138	143	146	152	159	166	171	177	184	189	
108	39	54	61	72	78	88	96	103	103	115	122	130	135	142	148	156	161	168	172	180	185	192	197	
133	38	53	64	74	84	93	100	106	112	119	125	131	137	144	151	156	162	169	176	183	189	194	200	
159	39	55	66	78	88	97	106	110	114	121	128	136	143	150	155	163	169	168	183	190	196	203	209	
219																								
273																								
325																								
377																								
426																								
480																								
530																								
630																								
720																								
820																								
920																								
1020																								
Криволинейная поверхность диаметром	53	78	94	111	127	144	159	170	178	192	206	219	233	246	259	272	283	298	310	323	335	350	363	

720	51	56	62	65	70	73	76												
820	52	58	62	67	70	74	79												
920	52	58	63	67	71	75	78												
1020	52	58	63	68	71	75	79												
Криволинейная поверхность диаметром более 1500 мм и плоская	56	62	68	72	76	81	87												

ПРИЛОЖЕНИЕ В

**ТОЛЩИНА ИЗОЛЯЦИИ ДВУХТРУБНЫХ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ
ПРИ НАДЗЕМНОЙ ПРОКЛАДКЕ НА ОТКРЫТОМ ВОЗДУХЕ,
В ПОМЕЩЕНИЯХ И ПОДВАЛАХ ЗДАНИЙ**

Территориальный район: Европейский район РФ

Тип прокладки: надземная

Вид изоляции: маты минераловатные прошивные М-100

Теплопроводность: 0,05500 Вт/(м·°С)

Таблица В.1

Наружный диаметр трубопровода, мм	ТРУБОПРОВОД					
	подающий	обратный	подающий	обратный	подающий	обратный
	Среднегодовая температура теплоносителя, °С					
	65	50	90	50	110	50
	Толщина изоляции, мм					
25						
45						
57	59	59	50	50	46	46
76	68	68	53	53	51	51
89	68	68	54	54	51	51
108	64	64	59	59	56	56
133	70	70	67	67	63	63
159	75	75	66	66	69	69

219	80	80	78	78	85	85
273	84	84	86	86	94	94
325	82	82	89	89	95	95
377	83	83	92	92	95	95
426	84	84	91	91	102	102
480	87	87	95	95	104	104
530	89	89	95	95	101	101
630	93	93	98	98	104	104
720	88	88	97	97	102	102
820	90	90	99	99	105	105
920	90	90	99	99	104	104
1020	86	86	99	99	105	105
1440	116	116	133	133	140	140

Территориальный район: Европейский район РФ

Тип прокладки: в помещениях и подвалах зданий

Вид изоляции: маты минераловатные прошивные М-100

Теплопроводность: 0,05500 Вт/(м·°С)

Таблица В.2

Наружный диаметр трубопровода, мм	ТРУБОПРОВОД					
	подающий	обратный	подающий	обратный	подающий	обратный
	Среднегодовая температура теплоносителя, °С					
	65	50	90	50	110	50
	Толщина изоляции, мм					
25						
45						
57	48	48	57	57	60	60
76	51	51	60	60	62	62
89	54	54	62	62	61	61
108	60	60	65	65	68	68
133	59	59	64	64	71	71
159	60	60	67	67	72	72
219	65	65	73	73	75	75
273	67	67	76	76	80	80
325	67	67	76	76	81	81

377	68	68	78	78	83	83
426	70	70	79	79	85	85
480	70	70	80	80	86	86
530	71	71	80	80	86	86
630	70	70	88	88	88	88
720	73	73	83	83	90	90
820	72	72	81	81	84	84
920	73	73	84	84	89	89
1020	74	74	84	84	91	91
1440	97	97	108	108	119	119

Территориальный район: Европейский район РФ

Тип прокладки: надземная

Вид изоляции: маты из стеклянного штапельного волокна М-35, 50

Теплопроводность: 0,05400 Вт/(м·°С)

Таблица В.3

Наружный диаметр трубопровода, мм	ТРУБОПРОВОД					
	подающий	обратный	подающий	обратный	подающий	обратный
	Среднегодовая температура теплоносителя, °С					
	65	50	90	50	110	50
	Толщина изоляции, мм					
25						
45						
57	58	58	48	48	45	45
76	67	67	51	51	50	50
89	66	66	53	53	50	50
108	62	62	58	58	55	55
133	68	68	65	65	61	61
159	74	74	64	64	68	68
219	78	78	76	76	82	82
273	82	82	84	84	92	92
325	80	80	87	87	93	93
377	81	81	90	90	93	93
426	83	83	89	89	99	99

480	86	86	93	93	102	102
530	87	87	93	93	99	99
630						
720						
820						
920						
1020						
1440						

Территориальный район: Европейский район РФ

Тип прокладки: в помещениях и подвалах зданий

Вид изоляции: маты из стеклянного штапельного волокна М-35, 50

Теплопроводность: 0,05400 Вт/(м·°С)

Таблица В.4

Наружный диаметр трубопровода, мм	ТРУБОПРОВОД					
	подающий	обратный	подающий	обратный	подающий	обратный
	Среднегодовая температура теплоносителя, °С					
	65	50	90	50	110	50
	Толщина изоляции, мм					
25						
45						
57	46	46	56	56	59	59
76	49	49	58	58	60	60
89	53	53	60	60	59	59
108	59	59	63	63	66	66
133	57	57	62	62	69	69
159	58	58	65	65	70	70
219	63	63	71	71	74	74
273	65	65	74	74	79	79
325	66	66	75	75	80	80
377	67	67	76	76	81	81
426	68	68	77	77	83	83
480	69	69	78	78	84	84
530	69	69	79	79	85	85
630						

720						
820						
920						
1020						
1440						

Территориальный район: Европейский район РФ

Тип прокладки: надземная

Вид изоляции: плиты минераловатные на синтетическом связующем М-75

Теплопроводность: 0,05700 Вт/(м·°С)

Таблица В.5

Наружный диаметр трубопровода, мм	ТРУБОПРОВОД					
	подающий	обратный	подающий	обратный	подающий	обратный
	Среднегодовая температура теплоносителя, °С					
	65	50	90	50	110	50
	Толщина изоляции, мм					
25						
45						
57						
76						
89						
108						
133	74	74	70	70	66	66
159	79	79	69	69	73	73
219	83	83	82	82	89	89
273	88	88	90	90	99	99
325	86	86	93	93	99	99
377	86	86	96	96	99	99
426	88	88	95	95	106	106
480	91	91	99	99	109	109
530	92	92	99	99	105	105
630						
720						
820						

920						
1020						
1440						

Территориальный район: Европейский район РФ

Тип прокладки: в помещениях и подвалах зданий

Вид изоляции: плиты минераловатные на синтетическом связующем М-75

Теплопроводность: 0,05700 Вт/м·°С)

Таблица В.6

Наружный диаметр трубопровода, мм	ТРУБОПРОВОД					
	подающий	обратный	подающий	обратный	подающий	обратный
	Среднегодовая температура теплоносителя, °С					
	65	50	90	50	110	50
	Толщина изоляции, мм					
25						
45						
57						
76						
89						
108						
133	62	62	67	67	74	74
159	63	63	70	70	75	75
219	68	68	76	76	79	79
273	70	70	79	79	84	84
325	70	70	80	80	85	85
377	71	71	81	81	87	87
426	73	73	82	82	88	88
480	73	73	83	83	90	90
530	74	74	84	84	90	90
630						
720						
820						
920						
1020						

1440						
------	--	--	--	--	--	--

Территориальный район: Европейский район РФ

Тип прокладки: надземная

Вид изоляции: теплоизоляционные изделия из вспененного каучука с защитным слоем

Теплопроводность: 0,04000 Вт/(м·°С)

Таблица В.7

Наружный диаметр трубопровода, мм	ТРУБОПРОВОД					
	подающий	обратный	подающий	обратный	подающий	обратный
	Среднегодовая температура теплоносителя, °С					
	65	50	90	50	110	50
	Толщина изоляции, мм					
25						
45						
57	36	36				
76	42	42				
89	43	43				
108	41	41				
133	46	46				
159	50	50				
219	53	53				
273	57	57				
325	56	56				
377	57	57				
426	59	59				
480	61	61				
530	62	62				
630	65	65				
720	62	62				
820	64	64				
920	64	64				
1020	62	62				
1440	83	83				

Территориальный район: Европейский район РФ

Тип прокладки: в помещениях и подвалах зданий

Вид изоляции: теплоизоляционные изделия из вспененного каучука

Теплопроводность: 0,04000 Вт/(м·°С)

Таблица В.8

Наружный диаметр трубопровода, мм	ТРУБОПРОВОД					
	подающий	обратный	подающий	обратный	подающий	обратный
	Среднегодовая температура теплоносителя, °С					
	65	50	90	50	110	50
	Толщина изоляции, мм					
25						
45						
57	29	29				
76	32	32				
89	34	34				
108	39	39				
133	38	38				
159	40	40				
219	44	44				
273	46	46				
325	47	47				
377	47	47				
426	49	49				
480	49	49				
530	50	50				
630	50	50				
720	52	52				
820	51	51				
920	52	52				
1020	53	53				
1440	69	69				

Территориальный район: Европейский район РФ

Тип прокладки: надземная

Вид изоляции: полимербетон с защитным слоем

Теплопроводность: 0,06000 Вт/(м·°С)

Таблица В.9

Наружный диаметр трубопровода, мм	ТРУБОПРОВОД					
	подающий	обратный	подающий	обратный	подающий	обратный
	Среднегодовая температура теплоносителя, °С					
	65	50	90	50	110	50
Толщина изоляции, мм						
25						
45						
57	69	69	57	57	53	53
76	79	79	60	60	59	59
89	78	78	61	61	58	58
108	73	73	67	67	63	63
133	79	79	76	76	71	71
159	85	85	74	74	78	78
219	89	89	87	87	95	95
273	94	94	97	97	106	106
325	92	92	99	99	106	106
377	92	92	103	103	106	106
426	94	94	101	101	113	113
480	97	97	105	105	116	116
530	98	98	105	105	111	111
630	102	102	108	108	115	115
720	97	97	107	107	113	113
820	99	99	109	109	116	116
920	99	99	109	109	114	114
1020	95	95	109	109	115	115
1440	127	127	146	146	154	154

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

**ТОЛЩИНА ИЗОЛЯЦИИ ДВУХТРУБНЫХ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ
ПРИ ПОДЗЕМНОЙ ПРОКЛАДКЕ В НЕПРОХОДНЫХ КАНАЛАХ И БЕСКАНАЛЬНО**

Территориальный район: Европейский район РФ

Тип прокладки: подземная в непроходных каналах

Вид изоляции: маты минераловатные прошивные М-100

Теплопроводность: 0,05500 Вт/(м·°С)

Таблица Г.1

Наружный диаметр трубопровода, мм	ТРУБОПРОВОД					
	подающий	обратный	подающий	обратный	подающий	обратный
	Среднегодовая температура теплоносителя, °С					
	65	50	90	50	110	50
	Толщина изоляции, мм					
25						
45						
57	55	55	55	55	56	56
76	59	59	56	56	61	61
89	62	62	58	58	62	62
108	60	60	59	59	64	64
133	66	66	67	67	76	76
159	74	74	70	70	80	80
219	75	75	78	78	82	82
273	80	80	88	88	88	88
325	82	82	88	88	96	96
377	85	85	93	93	95	95
426	86	86	92	92	96	96
480	89	89	90	90	103	103
530	91	91	92	92	100	100
630	88	88	95	95	100	100
720	90	90	98	98	104	104
820	88	88	98	98	105	105
920	91	91	99	99	107	107
1020	88	88	97	97	105	105
1440	92	92	98	98	99	99

Территориальный район: Европейский район РФ

Тип прокладки: подземная в непроходных каналах

Вид изоляции: маты из стеклянного штапельного волокна М-35, 50

Теплопроводность: 0,05400 Вт/(м·°С)

Таблица Г.2

Наружный диаметр трубопровода, мм	ТРУБОПРОВОД					
	подающий	обратный	подающий	обратный	подающий	обратный
	Среднегодовая температура теплоносителя, °С					
	65	50	90	50	110	50
Толщина изоляции, мм						
25						
45						
57	54	54	53	53	55	55
76	57	57	54	54	60	60
89	60	60	56	56	60	60
108	58	58	57	57	62	62
133	65	65	65	65	74	74
159	72	72	68	68	78	78
219	74	74	76	76	80	80
273	79	79	86	86	86	86
325	80	80	86	86	93	93
377	83	83	91	91	93	93
426	84	84	90	90	94	94
480	87	87	88	88	101	101
530	89	89	90	90	98	98
630						
720						
820						
920						
1020						
1440						

Территориальный район: Европейский район РФ

Тип прокладки: подземная в непроходных каналах

Вид изоляции: плиты минераловатные на синтетическом связующем М-75

Теплопроводность: 0,05700 Вт/(м·°С)

Таблица Г.3

Наружный диаметр трубопровода, мм	ТРУБОПРОВОД					
	подающий	обратный	подающий	обратный	подающий	обратный
	Среднегодовая температура теплоносителя, °С					
	65	50	90	50	110	50
	Толщина изоляции, мм					
25						
45						
57	59	59	58	58	60	60
76	62	62	59	59	65	65
89	66	66	61	61	66	66
108	63	63	62	62	68	68
133	70	70	71	71	80	80
159	78	78	73	73	84	84
219	79	79	81	81	86	86
273	84	84	92	92	93	93
325	86	86	92	92	100	100
377	89	89	97	97	100	100
426	90	90	96	96	101	101
480	92	92	94	94	108	108
530	94	94	96	96	104	104
630						
720						
820						
920						
1020						
1440						

Территориальный район: Европейский район РФ

Тип прокладки: подземная в непроходных каналах

Вид изоляции: плиты минераловатные на синтетическом связующем М-125

Теплопроводность: 0,05400 Вт/(м·°С)

Таблица Г.4

Наружный диаметр трубопровода, мм	ТРУБОПРОВОД					
	подающий	обратный	подающий	обратный	подающий	обратный
	Среднегодовая температура теплоносителя, °С					
	65	50	90	50	110	50
	Толщина изоляции, мм					
25						
45						
57						
76						
89						
108						
133						
159						
219						
273						
325						
377						
426						
480						
530						
630	86	86	93	93	98	98
720	88	88	96	96	102	102
820	87	87	96	96	103	103
920	89	89	97	97	105	105
1020	86	86	95	95	103	103
1440	90	90	96	96	97	97

Территориальный район: Европейский район РФ

Тип прокладки: подземная бесканальная с контролем влажности

Вид изоляции: пенополиуретан в жесткой полиэтиленовой оболочке

Теплопроводность: 0,03300 Вт/(м·°С)

Таблица Г.5

Наружный диаметр	ТРУБОПРОВОД					
	подающий	обратный	подающий	обратный	подающий	обратный

трубопровода, мм	Среднегодовая температура теплоносителя, °С					
	65	50	90	50	110	50
	Толщина изоляции, мм					
25						
45						
57	28	28	28	28		
76	31	31	30	30		
89	34	34	32	32		
108	34	34	34	34		
133	37	37	37	37		
159	42	42	40	40		
219	45	45	46	46		
273	48	48	52	52		
325	51	51	54	54		
377	54	54	58	58		
426	56	56	59	59		
480	57	57	58	58		
530	60	60	61	61		
630	61	61	65	65		
720	61	61	65	65		
820	62	62	68	68		
920	65	65	70	70		
1020						
1440						

Территориальный район: Европейский район РФ

Тип прокладки: подземная бесканальная

Вид изоляции: легкий пенобетон

Теплопроводность: 0,05000 Вт/(м·°С)

Таблица Г.6

Наружный диаметр трубопровода, мм	ТРУБОПРОВОД					
	подающий	обратный	подающий	обратный	подающий	обратный
	Среднегодовая температура теплоносителя, °С					
	65	50	90	50	110	50

	Толщина изоляции, мм					
25						
45						
57	53	53	52	52	54	54
76	57	57	54	54	59	59
89	61	61	57	57	61	61
108	60	60	59	59	64	64
133	64	64	65	65	73	73
159	73	73	69	69	78	78
219	76	76	79	79	82	82
273	80	80	87	87	87	87
325	84	84	89	89	96	96
377	88	88	95	95	98	98
426	91	91	97	97	101	101
480	93	93	95	95	107	107
530	97	97	98	98	106	106
630	98	98	105	105	109	109
720	97	97	104	104	110	110
820	99	99	108	108	115	115
920	103	103	110	110	118	118
1020	103	103	112	112	120	120
1440	116	116	122	122	123	123

Территориальный район: Европейский район РФ

Тип прокладки: подземная бесканальная

Вид изоляции: полимербетон

Теплопроводность: 0,06000 Вт/(м·°С)

Таблица Г.7

Наружный диаметр трубопровода, мм	ТРУБОПРОВОД					
	подающий	обратный	подающий	обратный	подающий	обратный
	Среднегодовая температура теплоносителя, °С					
	65	50	90	50	110	50
	Толщина изоляции, мм					
25						

45						
57	73	73	72	72	74	74
76	77	77	73	73	80	80
89	82	82	76	76	82	82
108	79	79	78	78	85	85
133	84	84	85	85	97	97
159	95	95	89	89	102	102
219	98	98	101	101	106	106
273	102	102	111	111	112	112
325	106	106	113	113	122	122
377	111	111	121	121	124	124
426	114	114	122	122	127	127
480	116	116	118	118	134	134
530	121	121	123	123	132	132
630	121	121	130	130	136	136
720	120	120	129	129	137	137
820	122	122	134	134	142	142
920	127	127	136	136	146	146
1020	127	127	137	137	148	148
1440	142	142	150	150	151	151

Текст документа сверен по:
официальное издание
Госстрой России -
М.: ГУП ЦПП, 2001