

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

ОКСТУ492000

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. № 81

ОДОБРЕН для применения в странах СНГ протоколом № 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. № 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 ТЕПЛОВОЙ 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

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

плоской однослойной

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

криволинейной n -слойной

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

криволинейной однослойной

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

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

t_B — 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_H — 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, м² · °С/Вт;

q_L — линейная плотность теплового потока через цилиндрическую теплоизоляционную конструкцию, Вт/м;

$R_{вн}^L$ — линейное термическое сопротивление теплоотдаче внутренней стенки изолируемого объекта, м² · °С/Вт;

R_H^L — то же, наружной изоляции, м² · °С/Вт;

$R_{ст}^L$ — линейное термическое сопротивление кондуктивному переносу теплоты цилиндрической стенки изолируемого объекта, м² · °С/Вт;

$R_{из}^L$ — то же, цилиндрического слоя изоляции, м² · °С/Вт;

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

R_i^L — линейное термическое сопротивление i -го слоя, м² · °С/Вт.

В уравнениях (1) — (4) термические сопротивления теплоотдаче и кондуктивному переносу

теплоты определяются по формулам:

$$R_{\text{вн}} = \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}}; R_{\text{н}} = \frac{1}{\alpha_{\text{н}}}; R_{\text{из}} = \frac{\delta_{\text{из}}}{\lambda_{\text{из}}}; R_{\text{ст}} = \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}}; R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i}; \quad (5)$$

$$R_{\text{вн}}^L = \frac{1}{\pi d_{\text{вн}}^{\text{ст}} \alpha_{\text{вн}}}; R_{\text{н}}^L = \frac{1}{\pi d_{\text{н}}^{\text{из}} \alpha_{\text{н}}}; R_{\text{из}}^L = \frac{1}{2\pi \lambda_{\text{из}}} \cdot \ln \frac{d_{\text{н}}^{\text{из}}}{d_{\text{н}}^{\text{ст}}}; \quad (6)$$

$$R_{\text{ст}}^L = \frac{1}{2\pi \lambda_{\text{ст}}} \cdot \ln \frac{d_{\text{н}}^{\text{ст}}}{d_{\text{вн}}^{\text{ст}}}; R_i^L = \frac{1}{2\pi \lambda_i} \cdot \ln \frac{d_{\text{н}}^i}{d_{\text{вн}}^i}, \quad (7)$$

где $\alpha_{\text{вн}}, \alpha_{\text{н}}$ — коэффициенты теплоотдачи внутренней поверхности стенки изолируемого объекта и наружной поверхности изоляции, Вт / (м² · °С);

$\lambda_{\text{ст}}, \lambda_{\text{из}}, \lambda_i$ — коэффициенты теплопроводности соответственно материала стенки изолируемого объекта однослойной изоляции, изоляции i -го слоя n -слойной изоляции, Вт / (м² · °С);

$\delta_{\text{ст}}, \delta_{\text{из}}, \delta_i$ — толщина соответственно стенки изолируемого объекта, однослойной изоляции i -го слоя n -слойной изоляции, м;

$d_{\text{вн}}^{\text{ст}}, d_{\text{н}}^{\text{ст}}$ — внутренний и наружный диаметры стенки изолируемого объекта, м;

$d_{\text{н}}^{\text{из}}$ — наружный диаметр изоляции, м;

$d_{\text{н}}^i, d_{\text{вн}}^i$ — наружный и внутренний диаметры i -го слоя n -слойной изоляции, м.

Распределение температур в многослойной изоляции рассчитывается по формулам: температуры на внутренней и наружной поверхностях стенки изолируемого объекта плоской формы:

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

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

$$t_1^{\text{н}} = t_{\text{н}}^{\text{ст}} - q_F R_1; \quad (9)$$

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

$$t_i^{\text{н}} = t_{(i-1)}^{\text{н}} - q_F R_i; \quad (10)$$

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

$$t_i^{\text{н}} = t_{\text{н}} - q_F R_{\text{н}}. \quad (11)$$

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

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

$$t_1^{\text{н}} = t_{\text{н}}^{\text{ст}} - q_L R_1^L; \quad (13)$$

$$t_i^{\text{н}} = t_{(i-1)}^{\text{н}} - q_L R_i^L; \quad (14)$$

$$t_i^{\text{н}} = t_{\text{н}} - q_L R_{\text{н}}^L. \quad (15)$$

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_F или q_L 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_H и R_H^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

$$q_F = \frac{(t_H - t_H)K}{\sum_{i=1}^n R_i + R_H}; \quad (16)$$

для трубопроводов диаметром менее 2 м

$$q_L = \frac{(t_B - t_H)K}{\sum_{i=1}^n R_i^L + R_H^L}, \quad (17)$$

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 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.

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^H , q_L^H) 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

$$\delta_{из} = \lambda_{из} \left[\frac{K(t_B - t_H)}{q_F^H} - R_H \right] \quad (18)$$

Для цилиндрической поверхности диаметром менее 2 м предварительно из уравнения

$$\ln B = 2\pi \cdot \lambda_{из} \left[\frac{K(t_B - t_H)}{q_L^H} - R_H^L \right] \quad (19)$$

определяют величину $\ln B$, где $B = \frac{d_H^{ст} + 2\delta_{из}}{d_H^{ст}}$; при этом приближенные значения

R_H^L следует принимать по таблице 3.

Таблица 3 — Ориентировочные значения R_H^L , м · °С/Вт

Внутри помещений

Условный диаметр трубы, мм	Для поверхностей с малым коэффициентом излучения			Для поверхностей с высоким коэффициентом излучения			На открытом воздухе		
	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_H^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

$$\delta_{из} = \frac{d_H^{CT} (B-1)}{2}. \quad (20)$$

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

$$\delta_{из1} = \lambda_{из1} \left[\frac{K(t_B - t_{1,2})}{q_F^H} \right]. \quad (21)$$

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

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

$$\ln B_1 = 2\pi \cdot \lambda_{из1} \left[\frac{K(t_B - t_{1,2})}{q_L^H} \right], \quad (22)$$

в котором $B_1 = \frac{d_H^{CT} + 2\delta_{из1}}{d_H^{CT}}$, где определяют величину $\ln B$, затем находят B_1 и толщину

первого слоя, м:

$$\delta_{из1} = \frac{d_H^{CT} (B_1 - 1)}{2}$$

Толщина второго слоя определяется с помощью формулы (19), в которой вместо значения t_B подставляется значение $t_{1,2}$ вместо $B—B_2$

$$B_2 = \frac{d_{из1} + 2\delta_{из2}}{d_{из1}}.$$

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

$$\delta_{из2} = \frac{d_{из1}(B_2 - 1)}{2}. \quad (23)$$

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.

Задавая начальным значением толщины изоляции δ_0 , м, определяемой требуемой точностью расчета, производят с помощью последовательных шагов: 1, 2, 3, 4, ..., i для толщины изоляции: $\delta_1 = \delta_0 \cdot 1$; $\delta_2 = \delta_0 \cdot 2$; $\delta_3 = \delta_0 \cdot 3$; ...; $\delta_i = \delta_0 \cdot i$ вычисление линейной плотности тепловых потоков q_L^1 ; q_L^2 ; ...; q_L^i по уравнению

$$q_L^i = \frac{\pi(t_B - t_H)K}{\frac{1}{\alpha_H(d_H^{CT} + 2\delta_0 i)} + \frac{1}{2\lambda_{из}} \cdot \ln \frac{d_H^{CT} + 2\delta_0 i}{d_H^{CT}}}. \quad (24)$$

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

$$q_L^i - q_L^H \leq 0 \quad (25)$$

вычисления заканчиваются, а найденная величина $\delta = \delta_0 i$ 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_B как среднюю за год температуру вещества в изолируемом объекте;

температуру наружной среды t_H 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 $R^L = R_{из}^L + R_H^L$ трубопровода длиной l , м, для обеспечения заданного снижения температуры транспортируемого по нему вещества от начальной t'_B до конечной t''_B при расходе вещества G , кг/ч, теплоемкостью C , кДж/(кг · °С) определяется из выражений:

$$\text{при } \frac{t'_B - t_H}{t''_B - t_H} \geq 2; \quad R_1^L = \frac{3,6Kl}{GC \ln \frac{t'_B - t_H}{t''_B - t_H}}; \quad (26)$$

$$\text{при } \frac{t'_B - t_H}{t''_B - t_H} < 2; \quad R_2^L = \frac{3,6Kl(\frac{t'_B - t''_B}{2} - t_H)}{GC \ln(t'_B - t''_B)}; \quad (27)$$

где t_H — расчетная температура окружающей среды, °С.

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

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

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

$$\delta_{из1,2} = \frac{d_n^{ст} (B_{1,2} - 1)}{2}.$$

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_n 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 55
 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 $\delta_{из}$, м, за счет разности температур t_b — t_n и конвективного, уходящего с наружной поверхности за счет разности t_n — t_n , можно написать:

$$R_{из} = \frac{t_b - t_n}{t_n - t_n} R_n; \quad (29)$$

$$R_{из}^L = \frac{t_b - t_n}{t_n - t_n} R_n^L. \quad (30)$$

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

для плоских теплоизоляционных конструкций

$$\delta_{из} = \frac{\lambda_{из} (t_b - t_n)}{\alpha_n (t_n - t_n)}; \quad (31)$$

для цилиндрических

$$\ln B = \ln \frac{d_n^{ст} + 2\delta_{из}}{d_n^{ст}} = 2\pi \cdot \lambda_{из} \cdot R_n^L \cdot \frac{t_b - t_n}{t_n - t_n}, \quad (32)$$

откуда, принимая по таблице 3 ориентировочное значение R_n^L и определяя $\ln B$, находим B , а затем

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

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

$$\left(\frac{t_B - t_{\Pi}}{t_{\Pi} - t_H}\right)_i = \frac{\ln \frac{d_H^{CT} + 2\delta_0 i}{d_H^{CT}} \alpha_H (d_H^{CT} + 2\delta_0 i)}{2\lambda_{из}}. \quad (33)$$

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:

$$\left(\frac{t_B - t_{\Pi}}{t_{\Pi} - t_H}\right)_1; \left(\frac{t_B - t_{\Pi}}{t_{\Pi} - t_H}\right)_2; \dots; \left(\frac{t_B - t_{\Pi}}{t_{\Pi} - t_H}\right)_i \text{ по уравнению (33).}$$

На каждом шаге вычислений i производится сравнение $\left(\frac{t_B - t_{\Pi}}{t_{\Pi} - t_H}\right)_i$ с заданным значением $\left(\frac{t_B - t_{\Pi}}{t_{\Pi} - t_H}\right)_p$.

При выполнении условия

$$\left(\frac{t_B - t_{\Pi}}{t_{\Pi} - t_H}\right)_i - \left(\frac{t_B - t_{\Pi}}{t_{\Pi} - t_H}\right)_p \geq 0 \quad (34)$$

вычисления заканчиваются, а найденная величина $\delta_i = \delta_0 i$ 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_B — по техническому заданию на проектирование;

температура наружной среды t_H — 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 ($t_H - t_{\Pi}$), при котором исключается конденсация влаги из воздуха (таблица 4).

Таблица 4 — Расчетный перепад $t_H - t_{\Pi}$, °С

t_H , °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

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

$$R_{из} = \frac{t_{\Pi} - t_B}{t_H - t_{\Pi}} R_H; \delta_{из} = \frac{\lambda_{из} (t_{\Pi} - t_B)}{\alpha_H (t_H - t_{\Pi})} \quad (35)$$

$$R_{из}^L = \frac{t_{\Pi} - t_B}{t_H - t_{\Pi}} R_H^L; \ln B = 2\pi \cdot \lambda_{из} \cdot R_H^L \cdot \frac{t_{\Pi} - t_B}{t_H - t_{\Pi}} \quad (36)$$

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_n равной температуре помещения;
 температуру внутренней среды t_v и относительную влажность воздуха ϕ в соответствии с техническим заданием на проектирование;
 коэффициент теплоотдачи α_n , для поверхностей с высоким коэффициентом излучения (см. примечания к таблице 2) — $7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, с малым — $4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$.

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 $\delta_{из}$, м, следует определять по формуле (17), а термические сопротивления, входящие в эту формулу, — по (6). В качестве температур внутренней и наружной сред t_v и t_n принимают расчетные температуры теплоносителя и окружающего воздуха, а коэффициент теплоотдачи α_n — по таблице 2.

При определении толщины изоляции трубопроводов тепловых сетей по нормированным значениям плотности тепловых потоков от подающих и обратных трубопроводов используется методика расчетов, изложенная в разделе 2.2.1. При этом в качестве расчетных температур внутренней среды t_v 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 α_n — по таблице 2.

Таблица 5 — Среднегодовые температуры теплоносителя в водяных тепловых сетях, $^\circ\text{C}$

Трубопровод	Расчетные температурные режимы, $^\circ\text{C}$		
	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

$$q_1^L + q_2^L = \frac{(t_{кан} - t_n)K}{R_{кан} + R_{Гр}^K}, \quad (37)$$

а температура воздуха в канале $t_{кан}$

$$t_{кан} = \frac{\frac{t_{в1}}{R_{из1}^L + R_{н1}^L} + \frac{t_{в2}}{R_{из2}^L + R_{н2}^L} + \frac{t_n}{R_{кан} + R_{Гр}^K}}{\frac{1}{R_{из1}^L + R_{н1}^L} + \frac{1}{R_{из2}^L + R_{н2}^L} + \frac{1}{R_{кан} + R_{Гр}^K}}, \quad (38)$$

где

$$R_{из1}^L = \frac{1}{2\pi\lambda_{из}} \ln \frac{d_1 + 2\delta_{из1}}{d_1};$$

$$R_{из2}^L = \frac{1}{2\pi\lambda_{из}} \ln \frac{d_2 + 2\delta_{из2}}{d_2}; \quad (39)$$

$$R_{н1}^L = \frac{1}{2\pi\alpha_k (d_1 + 2\delta_{из1})};$$

$$R_{н2}^L = \frac{1}{2\pi\alpha_k (d_2 + 2\delta_{из2})}; \quad (40)$$

$$R_{кан} = \frac{1}{2\pi\alpha_k \cdot \frac{2bh}{b+h}}; \quad (41)$$

- 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;
 $t_{в1}, t_{в2}$ — температуры подающего и обратного трубопроводов, °С;
 K — коэффициент дополнительных потерь (таблица 1);
 $R_{из1}^L, R_{из2}^L$ — термические сопротивления изоляции подающего и обратного трубопроводов, м · °С/Вт;
 $R_{н1}^L, R_{н2}^L$ — термические сопротивления теплоотдаче от поверхности изоляции подающего и обратного трубопроводов, м · °С/Вт;
 $R_{кан}$ — термическое сопротивление теплоотдаче от воздуха к поверхности канала, м · °С/Вт;
 α_k — коэффициент теплоотдачи в канале, принимается равным 11 Вт/(м² · °С);
 $\lambda_{из}$ — теплопроводность изоляции в конструкции, Вт/(м · °С);
 $\delta_{из1}, \delta_{из2}$ — толщины изоляции подающего и обратного трубопроводов, м;
 $R_{гр}^k$ — термическое сопротивление грунта, м · °С/Вт, определяется по формуле

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

$\lambda_{гр}$ — теплопроводность грунта, Вт/(м · °С), таблица 6.

Для определения толщины изоляции подающего и обратного трубопроводов по заданной, нормированной линейной плотности потока \bar{q}_1^L и \bar{q}_2^L , Вт/м, предварительно определяют по ним температуру воздуха в канале по формуле

$$t_{кан} = t_{н} + K(\bar{q}_1^L + \bar{q}_2^L) \cdot (R_{кан} + R_{гр}). \quad (43)$$

Таблица 6 — Теплопроводность грунта

Вид грунта	Средняя плотность, кг/м ³	Весовое влагосодержание грунта, %	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м · °С)
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
		8	1,27
	1500	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		8	0,72

	1300	18 40	1,08 1,66
	1500	8 18 40	1,0 1,46 2,0
	1600	8 27	1,13 1,93

Затем вычисляются для каждого трубопровода величины $\ln B_1 = \ln \frac{d_1 + 2\delta_{из1}}{d_1}$ и $\ln B_2 = \ln \frac{d_2 + 2\delta_{из2}}{d_2}$ по формулам:

$$\ln B_1 = 2\pi \cdot \lambda_{из} \cdot \left(\frac{t_{в1} - t_{кан}}{\bar{q}_1^L} - R_{н1}^L \right); \quad (44)$$

$$\ln B_2 = 2\pi \cdot \lambda_{из} \cdot \left(\frac{t_{в2} - t_{кан}}{\bar{q}_2^L} - R_{н2}^L \right), \quad (45)$$

в которых приближенные значения $R_{н1}^L$ и $R_{н2}^L$ принимаются по таблице 3.

Определяя по таблице натуральных логарифмов B_1 и B_2 по формуле (20) вычисляют значения толщин изоляции $\delta_{из1} = \frac{d_1(B_1 - 1)}{2}$; $\delta_{из2} = \frac{d_2(B_2 - 1)}{2}$, 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:

$$q_1^L = \frac{(t_{в1} - t_n)(R_{из2}^L + R_{гп2}^K) - (t_{в2} - t_n) \cdot R_0}{(R_{из1}^L + R_{гп1}^K)(R_{из2}^L + R_{гп2}^K) - R_0^2} K; \quad (46)$$

$$q_2^L = \frac{(t_{в2} - t_n)(R_{из1}^L + R_{гп1}^K) - (t_{в1} - t_n) \cdot R_0}{(R_{из2}^L + R_{гп2}^K)(R_{из1}^L + R_{гп1}^K) - R_0^2} K; \quad (47)$$

где $R_{гп}^K$ — термическое сопротивление грунта при бесканальной прокладке, м · °С/Вт, определяется по формуле

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

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

$\lambda_{гп}$ — теплопроводность грунта, Вт/(м · °С);

H — глубина заложения — расстояние от оси труб до поверхности земли, м.

R_0 — термическое сопротивление, обусловленное тепловым взаимодействием двух труб, м · °С/Вт, определяется из выражения

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

в котором $K_{1,2}$ — 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:

$$\ln \frac{d_1 + 2\delta_{из1}}{d_1} = \frac{2\pi\lambda_{из1}\lambda_{гр}}{\lambda_{гр} - \lambda_{из1}} \left(\frac{t_{в1} - t_n - \bar{q}_2^L R_0}{\bar{q}_1^L} - R_{гр1}^\delta \right); \quad (50)$$

$$\ln \frac{d_2 + 2\delta_{из2}}{d_2} = \frac{2\pi\lambda_{из2}\lambda_{гр}}{\lambda_{гр} - \lambda_{из2}} \left(\frac{t_{в2} - t_n - \bar{q}_1^L R_0}{\bar{q}_2^L} - R_{гр2}^\delta \right); \quad (51)$$

Определив с помощью (50), (51) значения $B_1 = \frac{d_1 + 2\delta_{из1}}{d_1}$ и $B_2 = \ln \frac{d_2 + 2\delta_{из2}}{d_2}$, толщины изоляции вычисляют 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. № 18-80 (Изменение № 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 $\lambda_{из}$, Вт/(м · °С) для поверхностей с температурой, °С		Температура применения, °С	Группа горючести
		20 и выше	19 и ниже		
Плиты минераловатные	120	0,045+0,00021 t_m	0,044-0,035	От минус 180 до 450 для матов,	Негорючие
	150	0,049+0,0002 t_m	0,048-0,037		

прошивные				на ткани, сетке, холсте из стекловолокна; до 700 — на металлической сетке	
Плиты теплоизоляционные из минеральной ваты на синтетическом связующем	65 95 120 180	$0,04+0,00029t_m$ $0,043+0,00022t_m$ $0,044+0,00021t_m$ $0,052+0,0002t_m$	$0,039-0,03$ $0,042-0,031$ $0,043-0,032$ $0,051-0,038$	От минус 60 до 400 От минус 180 до 400	»
Теплоизоляционные изделия из вспененного этиленполипропиленового каучука «Аэрофлекс»	60	$0,034+0,0002t_m$	$0,033$	От минус 57 до 125	Слабогорючие
Полуцилиндры и цилиндры минераловатные	50 80 100 150 200	$0,04+0,00003t_m$ $0,044+0,00022t_m$ $0,049+0,00021t_m$ $0,05+0,0002t_m$ $0,053+0,00019t_m$	$0,039-0,029$ $0,043-0,032$ $0,048-0,036$ $0,049-0,035$ $0,052-0,038$	От минус 180 до 400	Негорючие
Шнур теплоизоляционный из минеральной ваты	200	$0,056+0,00019t_m$	$0,055-0,04$	От минус 180 до 600 в зависимости от материала сетчатой трубки	В сетчатых трубах из металлической проволоки и нити стеклянной -негорючие, остальные слабогорючие
Маты из стеклянного штапельного волокна на синтетическом связующем	50 70	$0,04+0,0003 t_m$ $0,042+0,00028 t_m$	$0,039-0,029$ $0,041-0,03$	От минус 60 до 180	Негорючие
Маты и вата из супертонкого стеклянного волокна без связующего	70	$0,033+0,00014 t_m$	$0,032-0,024$	От минус 180 до 400	»
Маты и вата из супертонкого базальтового волокна без связующего	80	$0,032+0,00019 t_m$	$0,031-0,24$	От минус 180 до 600	»
Песок перлитовый, вспученный, мелкий	110 150 225	$0,052+0,00012t_m$ $0,055+0,00012t_m$ $0,058+0,00012t_m$	$0,051-0,038$ $0,054-0,04$ $0,057-0,042$	От минус 180 до 875	»
Теплоизоляционные изделия из пенополистирола	30 50 100	$0,033+0,00018t_m$ $0,036+0,00018t_m$ $0,041+0,00018t_m$	$0,032-0,024$ $0,035-0,026$ $0,04-0,03$	От минус 180 до 70	Горючие
Теплоизоляционные изделия из	40 50	$0,030+0,00015t_m$ $0,032+0,00015t_m$	$0,029-0,024$ $0,031-0,025$	От минус 180 до 130	»

пенополиуретана	70	$0,037+0,00015t_m$	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 От минус 70 до 130	Слабо-горючие
ST	60-80	0,036	0,034		
ECO	60-95	0,040	0,036		
Теплоизоляционные изделия из пенополиэтилена	50	$0,035+0,00018t_m$	0,033	От минус 70 до 70	»
<p><i>Примечания</i></p> <p>1 Средняя температура теплоизоляционного слоя, °С: $t_m = (t_w + 40)/2$ — на открытом воздухе в летнее время, в помещении, в каналах, тоннелях, технических подпольях, на чердаках и в подвалах зданий, $t_m = t_w / 2$ — на открытом воздухе, воздухе в зимнее время, где t_w — температура среды внутри изолируемого оборудования (трубопровода).</p> <p>2 Больше 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.</p>					

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: $0,04500+0,00021 t$, Вт/(м · °С)

Таблица Б.1

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																								
57	50	63	79	117	94	100	107	114	122	127	129	135	139	144	149	155	161	166	170	176	179	183	188	
76	60	72	82	87	96	106	116	122	126	134	140	146	150	154	160	165	169	176	181	184	188	195	200	
89	58	69	81	89	100	112	120	125	131	138	142	147	179	159	166	171	174	180	184	191	195	209	221	
108	60	74	86	93	103	113	121	129	134	140	144	152	157	163	170	176	182	187	192	198	204	209	214	
133	61	75	86	100	109	119	129	132	135	141	148	156	161	167	172	179	185	191	195	201	205	211	216	
159	64	78	90	103	115	124	131	134	138	145	151	159	166	172	179	184	190	196	201	207	213	219	224	
219	67	81	95	108	120	129	139	142	147	154	161	168	176	182	188	195	201	208	214	220	226	232	238	
273	69	85	99	113	124	134	145	150	155	164	172	179	186	194	202	208	214	221	227	234	242	248	254	
325	70	88	102	115	127	137	147	153	160	168	175	184	192	201	208	214	221	228	235	242	249	255	262	
377	70	90	105	119	130	140	150	157	162	171	181	189	197	204	212	220	227	234	241	248	255	263	270	
426	72	90	105	119	132	143	152	159	165	175	184	193	201	209	216	224	231	238	246	253	260	268	274	
480	74	93	110	125	137	148	158	164	171	180	189	199	208	217	224	232	239	248	255	263	270	277	283	
530	74	94	110	123	135	148	161	166	171	182	191	200	209	218	227	234	241	249	258	265	273	281	287	
630	76	96	111	125	139	151	163	169	175	185	195	205	214	223	232	240	248	256	264	272	279	287	294	
720	75	97	113	127	140	153	166	172	178	188	198	208	217	226	235	244	252	261	268	276	284	292	301	
820	77	98	114	136	156	162	167	174	180	191	201	211	221	230	240	248	257	265	273	282	290	298	306	
920	77	99	115	130	143	157	170	176	183	194	204	214	224	234	243	252	261	269	277	286	295	303	312	
1020	77	99	115	130	144	158	171	178	185	196	206	216	227	236	246	255	264	272	281	297	314	314	316	
Криво-линейная	80	103	120	139	154	171	186	196	205	219	232	245	258	271	281	293	306	318	330	344	356	367	379	

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																				
Криволинейная поверхность диаметром 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: $0,04000 + 0,00030 t$, Вт/(м²·°С)

Таблица Б.4

Наружный диаметр трубы, мм	Температура изолируемой поверхности, °С																						
	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: $0,04300 + 0,00022 t$, Вт/(м · °С)

325																						
377																						
426																						
480																						
530	58	83	98	114	127	140	151	158	164	174	184	193	202	211	219							
630	58	82	99	116	129	142	154	161	168	178	188	198	207	216	224							
720	60	84	101	116	130	143	156	164	171	181	191	200	210	220	229							
820	60	85	101	118	132	145	158	165	172	183	194	207	214	223	233							
920	60	85	103	119	133	147	160	168	175	186	197	207	216	226	236							
1020	60	86	103	120	134	142	150	164	177	188	198	209	220	230	239							
Криволинейная поверхность диаметром более 1500 мм и плоская	63	91	108	127	144	161	177	187	194	209	222	236	249	261	274							

Территориальный район: Европейский район РФ

Тип прокладки: на открытом воздухе

Вид изоляции: маты из супертонкого стекловолокна без связующего

Теплопроводность: $0,03300 + 0,00010t$, Вт/(м · °С)

Таблица Б.9

Наружный диаметр трубы, мм	Температура изолируемой поверхности, °С																						
	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				
Криволинейная поверхность диаметром более 1500 мм и плоская	57	63	69	73	77	82	87	91	96	100	103	107	110	114	117	121	123	126	126				

Территориальный район: Европейский район РФ

Тип прокладки: в помещении

Вид изоляции: маты из супертонкого стекловолокна без связующего

Теплопроводность: $0,03300 + 0,00010t$, Вт/(м · °С)

Таблица Б.10

Наружный диаметр трубы, мм	Температура изолируемой поверхности, °С																					
	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260
	Толщина изоляции, мм																					

89	78	91	107	116	130	143	152	157	162	169	172	177	214	187	194	198	200	205	209	215	217	231	244
108	80	97	111	119	131	143	151	159	164	170	173	180	185	191	196	203	207	212	216	222	226	231	234
133																							
159																							
219																							
273																							
325																							
377																							
426																							
480																							
530																							
630																							
720																							
820																							
920																							
1020																							
Криволинейная поверхность диаметром более 1500 мм и плоская	97	122	141	162	178	195	211	220	229	243	256	269	282	294	303	315	327	338	350	363	374	385	396

Территориальный район: Европейский район РФ
 Тип прокладки: в помещении
 Вид изоляции: шнур минераловатный М-200
 Теплопроводность: $0,05600 + 0,00019t$, Вт/(м · °С)

Таблица Б.16

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	44	60	75	90	95	101	108	108	117	127	130	135	140	141	143	150	154	153	158	160	162	161	
25	29	45	64	74	84	94	105	116	120	125	132	139	141	144	148	153	155	157	160	163	168	173	175	
45	33	51	65	76	87	98	109	115	122	129	133	137	142	148	150	154	158	162	165	167	171	175	177	
57	33	54	77	123	100	109	117	126	135	141	143	149	153	157	162	168	174	177	182	186	189	192	196	
76	41	62	79	88	101	114	126	134	139	148	153	160	163	168	173	178	181	188	192	195	198	204	208	
89	40	60	79	91	106	120	130	137	144	151	155	160	196	172	179	183	186	191	195	202	204	218	230	
108	42	65	83	94	108	121	130	140	146	153	157	165	170	176	182	189	193	199	202	208	213	218	221	
133																								
159																								
219																								
273																								
325																								
377																								
426																								
480																								
530																								
630																								
720																								
820																								
920																								
1020																								
Криволинейная поверхность диаметром более 1500 мм и плоская	62	94	117	141	159	177	194	204	214	228	242	255	268	281	291	303	315	326	338	351	363	374	385	

Территориальный район: Европейский район РФ
 Тип прокладки: на открытом воздухе
 Вид изоляции: маты минераловатные плотностью 80 кг/м³
 Теплопроводность: $0,03410 + 0,00030t$, Вт/(м · °С)

Таблица Б.17

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																								
57	38	49	64	98	83	92	102	112	124	133	139	150	159	168	179	190	203	213	224	235	245	255	266	
76	46	57	67	74	86	97	110	120	128	140	150	161	169	179	189	200	209	222	233	242	251	265	276	
89	45	55	67	77	90	103	115	123	133	144	152	162	202	183	195	205	213	225	235	248	257	281	303	
108	47	60	72	80	92	105	116	127	136	146	154	166	176	186	198	210	221	232	241	254	265	277	287	
133	48	61	73	87	99	111	124	130	137	147	158	169	179	190	199	211	222	233	243	253	262	274	285	
159	51	64	76	90	104	116	126	133	140	150	161	172	184	195	206	216	227	238	248	259	270	282	292	
219	53	67	82	96	109	121	134	141	149	159	170	181	193	204	214	226	237	248	259	270	281	294	305	
273	55	71	85	100	113	126	140	148	156	169	181	192	204	216	228	240	251	262	273	285	298	310	321	
325	56	73	88	103	117	129	142	152	162	173	184	197	210	223	234	245	257	269	280	293	305	316	328	
377	57	75	91	106	119	132	145	155	164	177	190	202	214	226	239	250	263	274	286	298	310	323	335	
426	58	76	91	106	121	135	148	158	167	180	193	206	218	230	242	254	266	278	290	303	315	328	339	
480	60	79	96	112	126	140	153	163	173	185	198	212	226	239	251	262	275	288	301	313	326	338	349	
530	60	79	96	111	124	140	155	165	173	187	201	213	226	239	253	265	277	289	302	315	328	340	352	
630	62	81	97	113	128	143	158	167	177	191	204	218	231	245	258	271	283	296	309	321	333	346	358	
720	62	82	99	115	129	146	161	170	180	194	208	221	235	248	261	274	287	300	312	325	337	351	364	
820	63	83	100	123	145	153	162	172	182	196	210	224	238	251	265	278	291	304	316	330	343	356	369	
920	63	84	101	117	133	149	165	174	185	199	213	227	241	255	268	282	295	308	321	334	347	361	374	
1020	64	84	101	118	134	150	166	176	186	201	215	229	243	257	272	285	298	311	324	346	370	373	378	
Криволинейная поверхность диаметром более 1500 мм и плоская	67	89	106	127	144	163	182	194	207	224	241	257	274	291	304	321	337	353	369	388	404	420	436	

Территориальный район: Европейский район РФ
 Тип прокладки: в помещении
 Вид изоляции: маты минераловатные плотностью 80 кг/м³
 Теплопроводность: 0,03410+0,00030t, Вт/(м · °С)

Таблица Б. 18

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																							
57	34	49	61	73	81	90	100	111	119	132	142	154	162	171	182	193	202	215	226	238	247	261	271
76	35	50	62	74	86	98	108	118	126	122	145	159	171	180	190	201	210	223	234	246	255	265	276
89	37	54	65	79	89	100	111	120	127	141	153	165	175	187	196	202	213	225	238	248	259	272	282
108	41	58	68	81	90	104	114	126	127	145	156	168	178	188	200	212	222	233	243	256	266	278	288
133	39	56	70	83	96	109	119	128	137	147	158	167	177	188	199	209	219	231	243	255	266	276	286
159	41	58	72	88	100	113	126	132	139	149	160	171	183	194	203	215	226	225	249	261	272	284	294
219	45	63	78	93	105	118	131	138	146	158	169	181	191	203	215	225	236	247	259	272	283	294	304
273	47	67	81	96	110	124	138	146	154	166	178	191	204	216	228	240	250	261	273	285	297	309	321
325	47	68	82	97	112	127	140	150	159	171	184	196	209	221	233	244	256	269	281	293	305	317	329
377	48	70	85	101	115	129	143	152	161	174	186	199	212	225	238	249	262	274	286	298	310	321	334
426	49	70	87	102	117	131	145	154	164	177	190	203	216	236	242	254	265	277	289	302	314	326	339
480	50	72	88	105	121	136	150	160	170	184	197	211	223	236	250	261	273	287	300	313	325	337	349
530	50	73	89	106	122	137	151	161	171	184	198	211	224	238	250	263	276	289	303	315	327	339	352
630	50	73	90	108	123	139	154	164	175	188	201	216	229	242	255	268	281	294	308	320	332	345	358
720	52	75	92	109	124	140	156	167	177	191	205	218	232	246	259	272	285	299	312	325	337	350	363
820	52	75	93	110	126	142	158	169	179	193	208	225	236	250	263	276	289	302	315	328	342	356	369
920	52	76	94	112	127	144	160	119	181	196	210	225	237	252	266	279	292	320	318	332	346	360	373

1020	52	76	94	112	129	139	150	167	183	198	212	227	242	256	270	282	295	308	322	336	350	364	377
Криволинейная поверхность диаметром более 1500 мм и плоская	54	82	100	120	139	158	177	190	201	218	235	252	269	285	302	318	332	351	367	383	399	418	433

Территориальный район: Европейский район РФ

Тип прокладки: на открытом воздухе

Вид изоляции: маты минераловатные плотностью 100 кг/м³

Теплопроводность: 0,03600+0,00026t, Вт/(м · °С)

Таблица Б.19

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																								
57	39	50	64	96	80	87	95	104	113	120	124	133	139	146	153	162	171	178	185	194	200	207	214	
76	47	57	67	73	83	93	104	112	118	127	135	143	149	156	164	172	179	188	196	202	208	218	226	
89	46	56	67	75	87	99	108	115	122	131	137	145	178	161	170	178	183	192	199	209	215	233	249	
108	48	60	71	79	89	100	109	118	126	134	140	149	157	165	174	183	191	199	206	215	223	232	239	
133	49	61	72	85	96	106	117	122	127	135	144	153	161	169	176	185	193	202	209	217	223	232	240	
159	52	65	76	88	101	111	120	125	130	138	147	156	166	174	183	191	199	207	215	223	231	240	248	
219	54	68	81	94	106	116	127	133	139	147	156	166	175	184	192	201	210	219	227	235	244	253	262	
273	56	72	85	98	110	122	133	140	147	158	167	176	186	195	206	215	223	232	241	250	260	269	278	
325	57	74	88	101	113	124	135	143	152	161	171	182	192	202	212	221	230	239	248	258	268	277	286	
377	58	76	91	104	116	127	139	147	154	165	176	187	196	206	216	226	236	245	254	264	273	284	293	
426	60	77	91	105	118	130	141	150	157	169	179	190	200	211	220	230	239	249	259	269	279	289	298	
480	62	79	95	110	123	135	147	155	163	174	185	196	208	218	228	238	248	259	269	279	289	298	307	
530	62	80	95	109	121	135	149	156	164	176	187	197	208	219	231	241	250	260	271	281	292	301	311	
630	63	82	97	111	125	138	152	159	167	179	191	202	213	225	236	246	256	267	278	288	297	308	318	
720	63	83	98	113	126	141	154	162	170	182	194	205	217	228	239	250	261	271	281	292	302	313	324	
820	64	84	100	121	141	148	156	164	173	185	197	209	221	232	243	255	265	275	286	297	308	318	329	
920	62	85	100	115	129	144	158	166	175	187	200	212	224	236	247	258	269	280	290	301	312	324	335	
1020	65	85	101	116	131	146	160	168	177	190	202	214	226	238	250	261	272	283	294	313	333	335	338	
Криволинейная поверхность диаметром более 1500 мм и плоская	68	89	106	126	141	159	175	187	197	213	228	243	258	272	285	299	313	328	342	358	372	386	400	

Территориальный район: Европейский район РФ

Тип прокладки: в помещении

Вид изоляции: маты минераловатные плотностью 100 кг/м³

Теплопроводность: 0,03600 + 0,00026t, Вт/(м · °С)

Таблица Б.20

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																								
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	48	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
Криволинейная поверхность диаметром 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 + 0,00028t, Вт/(м · °С)

Таблица Б.21

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																								
57																								
76																								
89																								
108																								
133																								
159																								
219																								
273	54	69	83	97	109	121	133	141	148	160	171	181	291	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	114	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		
Криволинейная поверхность диаметром 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: 0,034004 + 0,00028t, Вт/(м · °С)

Таблица Б.22

Наружный	Температура изолируемой поверхности, °С
----------	---

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																							
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	
Криволинейная поверхность диаметром 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 + 0,00023t, 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
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	66	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	132	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	65	85	100	119	133	149	164	174	184	198	211	225	238	251	262	275	288	300	313	328	340	353	365

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

	ТРУБОПРОВОД
--	-------------

Наружный диаметр трубопровода, мм	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						

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	ТРУБОПРОВОД					
	подающий	обратный	подающий	обратный	подающий	обратный

диаметр трубопровода, мм	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 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	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	ТРУБОПРОВОД					
	подающий	обратный	подающий	обратный	подающий	обратный
	Среднегодовая температура теплоносителя, °С					

трубопровода, мм	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

Ключевые слова: изоляция тепловая, оборудование, трубопровод

СОДЕРЖАНИЕ

Введение

1 Область применения

2 Расчет тепловой изоляции промышленного оборудования, трубопроводов и тепловых сетей

3 Таблицы толщин изоляции теплоизоляционных конструкций технологического оборудования, трубопроводов и тепловых сетей

Приложение А Расчетные технические характеристики теплоизоляционных материалов и изделий

Приложение Б Толщина тепловой изоляции технологического оборудования и трубопроводов

Приложение В Толщина изоляции двухтрубных тепловых сетей при надземной прокладке на открытом воздухе, в помещениях и подвалах зданий

Приложение Г Толщина изоляции двухтрубных тепловых сетей при подземной прокладке в непроходных каналах и бесканально