

Открытое акционерное общество  
«Всероссийский дважды ордена Трудового Красного Знамени  
теплотехнический научно-исследовательский институт»  
(ОАО «ВТИ»)

**УТВЕРЖДАЮ:**

Заместитель генерального директора  
по оперативному управлению

\_\_\_\_\_ Мартынов В. В.

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 г.



**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

по работе

Определение толщин тепловой изоляции СТУ для условий  
среднеевропейской части РФ.

Заведующий отделением  
систем теплоснабжения

Желнов А. Ю.

Руководитель работы:  
зам. зав лабораторией  
теплофикации

Байбаков С. А.

Москва, 2021г.

## Содержание

1. Введение .....	3
2. Методика расчета толщин изоляции .....	4
3. Параметры и условия расчета .....	4
4. Результаты расчетов толщин изоляции .....	9
5. Заключение .....	11

## 1. Введение

В настоящее время проблемам энергосбережения уделяется большое внимание по всем направлениям энергетического комплекса. В частности, в вопросах транспорта тепла усилия направляются на снижение тепловых потерь за счет улучшения теплофизических свойств изоляционных материалов, используемых в сетевых трубопроводах и совершенствования конструкции тепловой изоляции.

Представляемая усовершенствованная изоляционная система СТУ на основе тепловой изоляции КНАУФ («КНАУФ Инсулейшн - СТУ» в соответствии с ТУ 23.14.12 - 008 - 73090654 – 2020.) обладает рядом положительных качеств, отличающих ее от традиционно применяемой конструкции из минераловатных изделий.

К таким качествам следует отнести:

- высокую степень заводской готовности к монтажным операциям по нанесению изоляции на месте производства работ;

- снижение трудозатрат и простота при выполнении монтажных работ и повышения их качества за счет использования технологических элементов, предусмотренных в данной конструкции;

- повышенные показатели устойчивости применяемого теплоизоляционного материала к внешним механическим воздействиям и к провисанию тепловой изоляции в процессе эксплуатации;

- наличие волнистого покровного слоя (окожушки) из тонколистовой оцинкованной стали или алюминия, защищающего теплоизоляционную конструкцию от внешних механических воздействий.

Основной задачей проведенной работы является определение требуемых толщин изоляции СТУ с новыми свойствами для климатических условий центрально-европейского региона России для наиболее распространенных конструктивных видов прокладок трубопроводов при наиболее распространенных температурных условиях тепловых сетей и паропроводов.

## 2. Методика расчета толщин изоляции

Методика расчета основывается на основных положениях и рекомендациях, изложенных в Своде правил (СП) «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов» СП 61.13330.2012 (актуализированная редакция СНиП 41-03-2003) по проектированию и строительству тепловой изоляции оборудования и трубопроводов, выполнение которых обеспечивает соблюдение обязательных требований к тепловой защите тепловых сетей и паропроводов.

Определение толщин тепловой изоляции производится на основании соблюдения нормативных тепловых потоков, приведенных в СП 61.13330.2012 для всех диаметрах трубопроводов при различных типах прокладки трубопроводов, среднегодовых температурах теплоносителя и окружающей среды.

Для данного теплового расчета изоляции используются уравнения стационарной теплопередачи через однослойную цилиндрическую поверхность, приведенных в СП, вид которых зависит от конструктивного типа проложенного теплопровода.

## 3. Параметры и условия расчета

В качестве расчетных параметров, обуславливающих тепловое взаимодействие окружающей среды с теплоизоляционной конструкцией в соответствии с СП были приняты следующие данные:

- температуры теплоносителя в подающем и обратном теплопроводах принимались, в соответствии с указаниями СП;
- температура наружного воздуха определялась как среднегодовая для средневропейского региона в соответствии со СП 131-13330-2010 «Строительная климатология» при круглогодичной работе тепловой сети;
- среднегодовая температура грунта на различной глубине для средневропейского региона;

2,4 метра для Московского региона соответствовала + 7,51°C (по данным Справочника по климату СССР);

- линейные тепловые потоки для соответствующих конструктивных видов прокладок трубопроводов принимались согласно требованиям СП для различных температурных условий при рассматриваемых диаметрах трубопроводов.

- коэффициент теплопроводности тепловой изоляции КНАУФ задавался исходя из ее теплофизических свойств, приведенных в ТУ 23.14.12 - 008 - 73090654 – 2020;

- в качестве расчетного коэффициента теплопроводности для грунта, преобладающего в центральном районе европейской части России принято значение 2,0 Вт/м\*°С (для влажных грунтов);

- коэффициент теплоотдачи от изоляции при надземной прокладке принимается по данным СП при скорости ветра 10 м/с;

- коэффициент дополнительных потерь, учитывающий теплопотери через теплопроводные включения в изоляционные конструкции, обусловленные наличием в них крепежных деталей, арматуры и опор задается согласно СП

для трубопроводов диаметром до 150 мм.....1,2

для трубопроводов от 150 мм и более .....1.15;

- в расчетах принимались геометрические размеры железобетонных каналов типа МКЛ для соответствующих диаметров трубопроводов.

Более подробно условия расчетов и принятые данные приведены ниже.

В соответствии с согласованными условиями были проведены расчеты толщин тепловой изоляции водяных тепловых сетей при различных температурных графиках и паропроводов при разных температурах пара по всему перечню стандартных диаметров трубопроводов.

Рассматриваемые диаметры трубопроводов, Ду, мм:

150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800	900	1000	1200	1400
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------

Рассматриваемые прокладки:

- водяных тепловых сетей: надземная прокладка и прокладка в непроходных каналах;

- паропроводов – надземная прокладка.

### 3.1 Водяные тепловые сети

Температуры сетевой воды принимаются в соответствии с СП 61.13330.2012 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов» для температурных графиков 150/70 и 95/70 оС:

- температурный график 150/70 - подающая 90 °С; обратная 50 °С;
- температурный график 95/70 - подающая 65 °С; обратная 50 °С.

Средние температуры окружающей среды принимаются для среднеевропейских условий РФ:

- надземная прокладка

- температурный график 150/70 °С

среднегодовая температура наружного воздуха +4.6 оС;

среднегодовые температуры грунта – в зависимости от диаметра трубопровода и глубины его заложения для среднеевропейских условий;

- температурный график 95/70 °С

средняя температура наружного воздуха отопительного периода -3.6 °С;

средняя температура грунта в отопительном периоде – в зависимости от диаметра трубопровода и глубины заложения трубопровода.

В качестве каналов для подземной канальной прокладки рассматриваются каналы тип МКЛ.

### 3.2 Паропроводы

Рассматриваемые температуры пара Тп, °С:

150, 200, 250, 300, 350, 400.

Среднегодовая температура наружного воздуха для среднеевропейских условий +4.6 °С

### 3.3 Глубина заложения трубопроводов при подземной прокладке

При прокладке трубопроводов в непроходных каналах в расчетах приняты следующие данные по габаритам каналов, глубинам заложения трубопроводов и температурам грунта на глубине заложения трубопроводов, приведенные в таблице 1.

Таблица 1. Характеристики прокладок трубопроводов в непроходных каналах.

наименование	Условный диаметр труб, мм	Ширина, мм	Высота, мм	Толщина стенки, мм	глубина заложения, Нз м	температура на глубине заложения (год) оС	температура на глубине заложения (отоп.) оС
МКЛ 100	100	970	555	80	1.7	6.8	4.3
МКЛ 150	150	1320	705	80	2.0	6.9	4.5
МКЛ 200	200	1320	705	80	2.0	6.9	4.5
МКЛ 250	250	1920	905	100	2.3	7.0	4.8
МКЛ 300	300	1920	905	100	2.3	7.0	4.8
МКЛ 350	350	1920	905	100	2.3	7.0	4.8
МКЛ 400	400	1920	905	100	2.3	7.0	4.8
МКЛ 450	450	2410	1105	130	2.5	7.0	5.0
МКЛ 500	500	2410	1105	130	2.5	7.0	5.0
МКЛ 600	600	2410	1105	130	2.5	7.0	5.0
МКЛ 700	700	2770	1380	140	2.5	7.0	5.0
МКЛ 800	800	2770	1380	140	2.5	7.0	5.0
МКЛ 900	900	3190	1580	160	2.5	7.0	5.0
МКЛ 1000	1000	3600	1785	180	2.5	7.0	5.0
МКЛ 1200	1200	3600	1785	180	2.5	7.0	5.0
МКЛ 1400	1400	4160	2080	230	2.5	7.0	5.0

### 3.4 Коэффициенты теплопроводности тепловой изоляции КНАУФ

В соответствии с ТУ на тепловую изоляцию КНАУФ И-СТУ (ТУ 23.14.12-008-73090654-2020) по результатам лабораторных испытаний зависимость коэффициента теплопроводности тепловой изоляции КНАУФ, производства ООО «КНАУФ Инсулейшн» от средней температуры слоя имеет нелинейный характер.

Экспериментальный график зависимости коэффициента теплопроводности от средней температуры теплоизоляционного слоя приведен на рисунке 1.

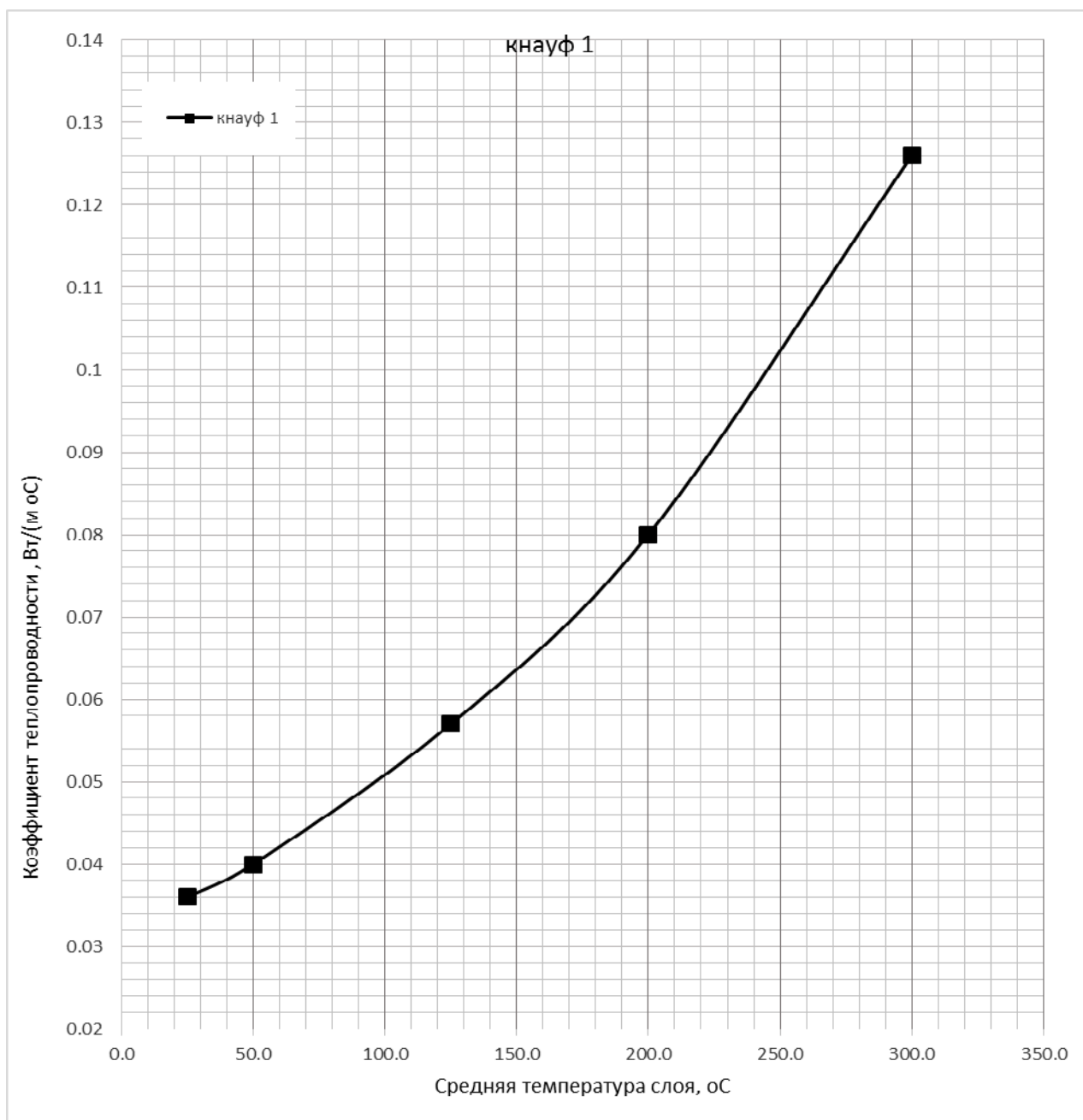


Рисунок 1. Зависимость коэффициента теплопроводности от температуры слоя.

В соответствии с этим указанная зависимость разбита на 2-а диапазона по температурам (для водяных сетей и паропроводов), на каждом из которых ее можно считать линейной, с приведенным ниже видом:

- водяные сети  $\lambda = 0.0301 + 0.00021 T_{\text{ср}}$ , Вт/(м °C);  $T_{\text{ср}}$  от 20 до 120 °C;

- паропроводы  $\lambda = 0.0120 + 0.00042 T_{\text{ср}}$ , Вт/(м °C);  $T_{\text{ср}}$  от 200 до 400 °C

#### 4. Результаты расчетов толщин изоляции

В таблицах 1- 4 представлены результаты расчетов величины толщин изоляции СТУ для различных типов прокладываемых теплопроводов и принятых температурных графиках отпуски тепла для центральноевропейского региона России.

Расчеты проводились при указанных в разделе 3 условиях.

В приведенных ниже таблицах приведены точные значения толщин тепловой изоляции, полученные в результатах расчетов, а также рекомендуемые значения толщин, определяемые возможностями производства.

Таблица 2. Результаты расчета толщин тепловой изоляции тепловых сетей при надземной прокладке трубопроводов.

Условный диаметр труб, мм	Температура изолируемых труб, о С			
	50 обратная	65 подающая (график 95-70)	90 подающая (график 150-70)	110 подающая (график 180-70)
	Толщина изоляции, мм			
50	48	57	71	80
80	56	66	83	95
100	58	69	87	99
125	62	73	90	104

№ п/п	Dy	Температурный график 150/70 °С				Dy	Температурный график 95/70 °С			
		расчетная толщина		рекоменд. толщина			расчетная толщина		рекоменд. толщина	
		подающая	обратная	подающая	обратная		подающая	обратная	подающая	обратная
	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм
1	150	71	52	<b>70</b>	<b>50</b>	150	69	63	<b>70</b>	<b>60</b>
2	200	78	56	<b>80</b>	<b>60</b>	200	74	67	<b>80</b>	<b>70</b>
3	250	82	57	<b>80</b>	<b>60</b>	250	77	69	<b>80</b>	<b>70</b>
4	300	84	60	<b>80</b>	<b>60</b>	300	80	71	<b>80</b>	<b>70</b>
5	350	78	55	<b>80</b>	<b>60</b>	350	73	65	<b>70</b>	<b>70</b>
6	400	80	57	<b>80</b>	<b>60</b>	400	75	67	<b>80</b>	<b>70</b>
7	450	82	57	<b>80</b>	<b>60</b>	450	76	68	<b>80</b>	<b>70</b>
8	500	83	59	<b>80</b>	<b>60</b>	500	77	69	<b>80</b>	<b>70</b>
9	600	84	59	<b>90</b>	<b>60</b>	600	79	70	<b>80</b>	<b>70</b>
10	700	86	60	<b>90</b>	<b>60</b>	700	80	70	<b>80</b>	<b>70</b>
11	800	88	61	<b>90</b>	<b>60</b>	800	81	72	<b>80</b>	<b>70</b>
12	900	89	62	<b>90</b>	<b>60</b>	<i>900</i>	82	72	<b>80</b>	<b>70</b>
13	1000	90	62	<b>90</b>	<b>60</b>	<i>1000</i>	83	73	<b>80</b>	<b>70</b>
14	1200	92	64	<b>90</b>	<b>70</b>	<i>1200</i>	84	74	<b>90</b>	<b>80</b>
15	1400	93	64	<b>100</b>	<b>70</b>	<i>1400</i>	85	75	<b>90</b>	<b>80</b>

Примечание: курсивом выделены трубопроводы для температурного графика 95/70 °С практически не встречающиеся на практике.

Таблица 3. Результаты расчета толщин тепловой изоляции тепловых сетей при прокладке трубопроводов в непроходных каналах.

№ п/п	Dy	Температурный график 150/70 °С				Dy	Температурный график 95/70 °С			
		расчетная толщина		рекоменд. толщина			расчетная толщина		рекоменд. толщина	
		подающая	обратная	подающая	обратная		подающая	обратная	подающая	обратная
	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм
1	150	64	64	<b>70</b>	<b>70</b>	150	59	59	<b>60</b>	<b>60</b>
2	200	67	67	<b>70</b>	<b>70</b>	200	59	59	<b>60</b>	<b>60</b>
3	250	68	68	<b>70</b>	<b>70</b>	250	61	61	<b>60</b>	<b>60</b>
4	300	69	69	<b>70</b>	<b>70</b>	300	62	62	<b>60</b>	<b>60</b>
5	350	68	68	<b>70</b>	<b>70</b>	350	61	61	<b>60</b>	<b>60</b>
6	400	68	68	<b>70</b>	<b>70</b>	400	62	62	<b>60</b>	<b>60</b>
7	450	70	70	<b>70</b>	<b>70</b>	450	62	62	<b>60</b>	<b>60</b>
8	500	68	68	<b>70</b>	<b>70</b>	500	61	61	<b>60</b>	<b>60</b>
9	600	67	67	<b>70</b>	<b>70</b>	600	58	58	<b>60</b>	<b>60</b>
10	700	68	68	<b>70</b>	<b>70</b>	700	60	60	<b>60</b>	<b>60</b>
11	800	66	66	<b>70</b>	<b>70</b>	800	58	58	<b>60</b>	<b>60</b>
12	900	57	57	<b>60</b>	<b>60</b>	<i>900</i>	<i>50</i>	<i>50</i>	<i>50</i>	<i>50</i>
13	1000	57	57	<b>60</b>	<b>60</b>	<i>1000</i>	<i>49</i>	<i>49</i>	<i>50</i>	<i>50</i>
14	1200	50	50	<b>60</b>	<b>60</b>	<i>1200</i>	<i>42</i>	<i>42</i>	<i>50</i>	<i>50</i>
15	1400	58	58	<b>60</b>	<b>60</b>	<i>1400</i>	<i>50</i>	<i>50</i>	<i>50</i>	<i>50</i>

Примечание: курсивом выделены трубопроводы для температурного графика 95/70 °С практически не встречающиеся на практике.

Таблица 4. Результаты расчета толщин тепловой изоляции паропроводов при надземной прокладке.

№ п/п	Dy	Tп = 150 оС		Tп = 200 оС		250 оС		300 оС		350 оС		400 оС	
		расчетная толщина	рекоменд. толщина	расчетная толщина	рекоменд. толщина	расчетная толщина	рекоменд. толщина	расчетная толщина	рекоменд. толщина	расчетная толщина	рекоменд. толщина	расчетная толщина	рекоменд. толщина
	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм
1	100	85	<b>90</b>	126	<b>130</b>	170	<b>170</b>	219	<b>220</b>	276	<b>280</b>	325	<b>330</b>
2	150	88	<b>90</b>	130	<b>130</b>	170	<b>170</b>	191	<b>200</b>	236	<b>240</b>	290	<b>290</b>
3	200	97	<b>100</b>	138	<b>140</b>	180	<b>180</b>	203	<b>200</b>	248	<b>250</b>	293	<b>300</b>
4	250	101	<b>100</b>	145	<b>150</b>	190	<b>190</b>	211	<b>210</b>	255	<b>260</b>	303	<b>300</b>
5	300	99	<b>100</b>	151	<b>150</b>	194	<b>190</b>	216	<b>220</b>	262	<b>260</b>	310	<b>310</b>
6	350	98	<b>100</b>	139	<b>140</b>	180	<b>180</b>	222	<b>220</b>	267	<b>270</b>	315	<b>320</b>
7	400	101	<b>100</b>	141	<b>140</b>	183	<b>180</b>	227	<b>230</b>	271	<b>270</b>	320	<b>320</b>
8	450	103	<b>100</b>	146	<b>150</b>	188	<b>190</b>	232	<b>230</b>	278	<b>280</b>	326	<b>330</b>
9	500	105	<b>110</b>	147	<b>150</b>	189	<b>190</b>	233	<b>230</b>	279	<b>280</b>	328	<b>330</b>
10	600	108	<b>110</b>	152	<b>150</b>	194	<b>190</b>	240	<b>240</b>	286	<b>290</b>	334	<b>330</b>
11	700	111	<b>110</b>	154	<b>150</b>	198	<b>200</b>	243	<b>240</b>	290	<b>290</b>	339	<b>340</b>
12	800	113	<b>110</b>	157	<b>160</b>	201	<b>200</b>	247	<b>250</b>	295	<b>300</b>	345	<b>350</b>
13	900	115	<b>150</b>	160	<b>160</b>	204	<b>200</b>	250	<b>250</b>	299	<b>300</b>	350	<b>350</b>
14	1000	117	<b>120</b>	162	<b>160</b>	207	<b>210</b>	254	<b>250</b>	302	<b>300</b>	351	<b>350</b>
15	1200	120	<b>120</b>	166	<b>170</b>	212	<b>210</b>	261	<b>260</b>	310	<b>310</b>	360	<b>360</b>
16	1400	120	<b>120</b>	170	<b>170</b>	217	<b>220</b>	266	<b>270</b>	312	<b>310</b>	362	<b>360</b>

## 5. Заключение

Настоящий расчет выполнен для теплоизоляционных конструкций СТУ с применением в качестве теплоизоляционного слоя минераловатной изоляции «КНАУФ Инсулейшн - СТУ» в соответствии с ТУ 23.14.12 - 008 - 73090654 – 2020.

Для изделий из стандартной минераловатной плиты для среднегодовых температур сетевой воды до 120 °С требуется перерасчет в сторону увеличения толщины теплоизоляционного слоя.

При определении толщин теплоизоляционного слоя СТУ для других климатических условий - телефон технической поддержки +7 (910) 812-07-57