

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ППР (ПОЛИПРОПИЛЕНОВЫХ) ТРУБОПРОВОДОВ МАРКИ “FD”.

Проектирование трубопроводов связано с выбором способа прокладки и условий, типа труб, соединительных деталей и арматуры, обеспечивающих компенсацию тепловых изменений длины трубы без перенапряжения материала и соединений трубопровода, расчетом гидравлических потерь. Выполнять его следует в соответствии с регламентами строительных норм и правил (СниП) 2.04.01-85* «Внутренний водопровод и канализация зданий». Необходимо также учитывать специфику полипропиленовых труб.

Выбор типа трубы производится с учетом условий работы трубопровода: давления, температуры, необходимого срока службы и агрессивности транспортируемой жидкости.

Рабочее давление в трубопроводной системе следует определять на основании гидравлических расчетов по методике Свода правил «Проектирование и монтаж трубопроводов систем водоснабжения и канализации для полимерных материалов. Общие требования.» СП 40-102-00.

3.1 Расчет гидравлических потерь

Расчет гидравлических потерь трубопроводов из PPRC заключается в определении потерь напора (или давления), направленного на преодоление гидравлических сопротивлений, возникающих в трубе, в соединительных деталях, в местах резких поворотов и изменений диаметра трубопровода.

Величина удельной потери напора на трение определяют по формуле Дарси-Вейсбаха:

$$i = \frac{\lambda * v}{2gd}, \quad \text{где} \quad (1)$$

λ – коэффициент сопротивления по длине трубопровода;

v – скорость течения жидкости, м/с;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

d – расчетный (внутренний) диаметр трубопровода, м.

Коэффициент сопротивления по длине трубопровода равен:

$$\lambda = \frac{0,5 \left[\frac{B}{2} + \frac{1,312(2-B) \lg \frac{3,7d}{K_s}}{\lg Re - 1} \right]}{\lg \frac{3,7d}{K_s}}, \quad \text{где} \quad (2)$$

B – число подобия режимов течения жидкости равное

$$B = 1 + \frac{\lg Re}{\lg Re_{кв}}, \quad \text{где} \quad (3)$$

$Re = \frac{v * d}{\nu}$ - фактическое число Рейнольдса;

$Re_{кв} = \frac{500 * d}{K_э}$ - число Рейнольдса, соответствующее началу квадратичной

области сопротивлений;

ν – коэффициент кинематической вязкости жидкости, м²/с;

$K_э$ – коэффициент эквивалентной равномернозернистой шероховатости полипропиленовых труб, при неизменном значении принимается равным 0,00002 м.

Потери напора в местных сопротивлениях определяются по формуле:

$$i = \xi \frac{v^2}{2g}, \text{ где} \quad (4)$$

ξ – коэффициент местного сопротивления.

Значения коэффициентов местных сопротивлений представлены в таблице 4.

Таблица 4. Значение коэффициента сопротивления ξ для некоторых фитингов (рекомендации НИИМосстроя)

Деталь	Обозначение	Примечание	Коэффициент местного сопротивления ξ
Муфта			0,25
Муфта переходная		Уменьшение на 1 размер	0,40
		Уменьшение на 2 размера	0,50
		Уменьшение на 3 размера	0,60
Угольник 90°			1,20
Угольник 45°			0,50
Тройник		Прямое прохождение потоков	0,25

		Разделение потока	1,20
		Соединение потока	0,80
		Разделение потоков в противоположных направлениях	1,80
		Соединение встречных потоков	3,00
Муфта комб. внутр. резьба			0,50
Муфта комб. наруж. резьба			0,70
Угольник комб. внутр. резьба			1,40
Угольник комб. наруж. резьба			1,60
Тройник комб. внутр. резьба			1,40-1,80
Вентиль		20 мм	9,50
		25 мм	8,50
		32 мм	7,60

Примечание: при гидравлических расчетах систем водоснабжения допускается суммарно учитывать местные сопротивления в количестве 30% от потерь напора на трение.

3.2 Линейные температурные деформации

При прокладке трубопроводов из полипропилена необходимо учитывать изменение длины трубы вследствие теплового расширения или усадки материала при изменении температуры. В связи с тем, что расширение трубопроводов зависит от перепада температуры, то линейным расширением трубопроводов в системах холодного водоснабжения можно пренебречь.

Трубы PN 25 (армированные) имеют коэффициент линейного расширения α равный 0,05, и для них линейное расширение можно не учитывать.

Величина линейного расширения трубопроводов Δl при открытой прокладке определяется по формуле:

$$\Delta l = \alpha * L * \Delta t, \text{ где}$$

Δl – линейное расширение, мм;

α – коэффициент линейного расширения материала трубы, мм/м°C, для труб FD $\alpha = 0,15$;

L – расчетная длина трубопровода, м;

Δt – расчетная разница температур (между рабочей температурой и температурой при монтаже), °C.

Пример 1:

Исходные данные:

используется трубопровод FD с коэффициентом линейного расширения $\alpha=0,15$;

расчетная длина трубопровода (расстояние между двумя соседними неподвижными креплениями по прямой линии) L = 8 м;

разница температур $\Delta t = 46^\circ\text{C}$ (температура холодной воды 14°C , температура теплой воды для хозяйственных целей 60°C).

$$\Delta l = \alpha * L * \Delta t = 0,15 * 8 * (60 - 14) = 55,2 \text{ мм (удлинение)}$$

Пример 2:

Исходные данные:

используется трубопровод FD с коэффициентом линейного расширения $\alpha=0,15$;

расчетная длина трубопровода (расстояние между двумя соседними неподвижными креплениями по прямой линии) L = 20 м;

разница температур $\Delta t = 16^\circ\text{C}$ (температура при монтаже 24°C , температура холодной воды 8°C).

$$\Delta l = \alpha * L * \Delta t = 0,15 * 20 * (8 - 24) = - 48\text{мм (сокращение)}$$

Таблица 5: Линейное расширение (мм) для трубы PPRC (тип 3) PN20

Длина трубы, м	Разница температур Δt , °C							
	10	20	30	40	50	60	70	80
0,1	0,15	0,30	0,45	0,60	0,75	0,90	1,05	1,20

0,2	0,30	0,60	0,90	1,20	1,50	1,80	2,10	2,40
0,3	0,45	0,90	1,35	1,80	2,25	2,70	3,15	3,60
0,4	0,60	1,20	1,80	2,40	3,00	3,60	4,20	4,80
0,5	0,75	1,50	2,25	3,00	3,75	4,50	5,25	6,00
0,6	0,90	1,80	2,70	3,60	4,50	5,40	6,30	7,20
0,7	1,05	2,10	3,15	4,20	5,25	6,30	7,35	8,40
0,8	1,20	2,40	3,60	4,80	6,00	7,20	8,40	9,60
0,9	1,35	2,70	4,05	5,40	6,75	8,10	9,45	10,80
1,0	1,50	3,00	4,50	6,00	7,50	9,00	10,50	12,00
2,0	3,00	6,00	9,00	12,00	15,00	18,00	21,00	24,00
3,0	4,50	9,00	13,50	18,00	22,50	27,00	31,50	36,00
4,0	6,00	12,00	18,00	24,00	30,00	36,00	42,00	48,00
5,0	7,50	15,00	22,50	30,00	37,50	45,00	52,50	60,00
6,0	9,00	18,00	27,00	36,00	45,00	54,00	63,00	72,00
7,0	10,50	21,00	31,50	42,00	52,50	63,00	73,50	84,00
8,0	12,00	24,00	36,00	48,00	60,00	72,00	84,00	96,00
9,0	13,50	27,00	40,50	54,00	67,50	81,00	94,50	108,00
10,0	15,00	30,00	45,00	60,00	75,00	90,00	105,00	120,00

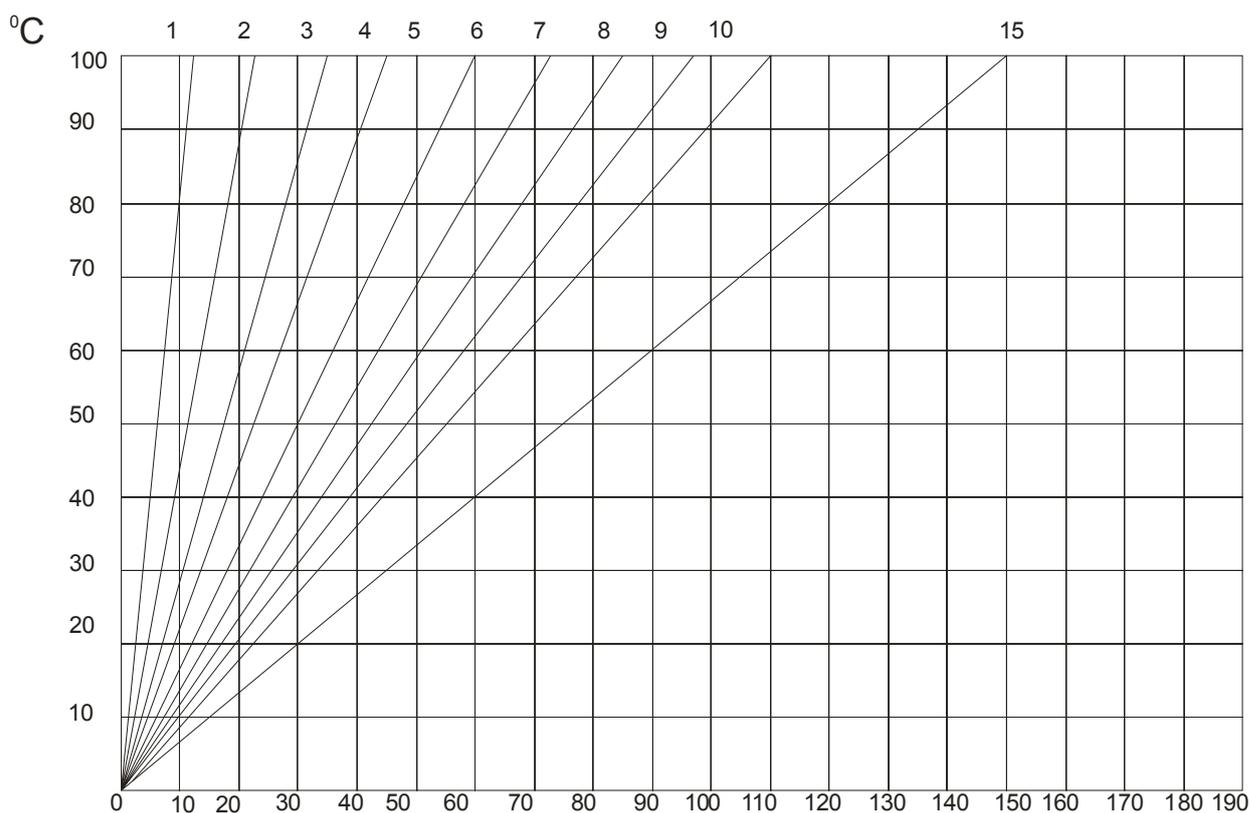


График 2: Линейное расширение для трубы PPRC (тип 3) PN20

Таблица 6: Линейное расширение (мм) для армированной трубы PPRC (тип 3) PN 25

Длина трубы, м	Разница температур Δt , °C							
	10	20	30	40	50	60	70	80
0,1	0,03	0,06	0,09	0,12	0,15	0,18	0,21	0,24
0,2	0,06	0,12	0,18	0,24	0,30	0,36	0,42	0,48
0,3	0,09	0,18	0,27	0,36	0,45	0,54	0,63	0,72
0,4	0,12	0,24	0,36	0,48	0,60	0,72	0,84	0,96
0,5	0,15	0,30	0,45	0,60	0,75	0,90	1,05	1,20
0,6	0,18	0,36	0,54	0,72	0,90	1,08	1,28	1,44
0,7	0,21	0,42	0,63	0,84	1,05	1,26	1,47	1,68
0,8	0,24	0,48	0,72	0,96	1,20	1,44	1,68	1,92
0,9	0,27	0,54	0,81	1,08	1,35	1,62	1,89	2,16
1,0	0,30	0,60	0,90	1,20	1,50	1,80	2,10	2,40
2,0	0,60	1,20	1,80	2,40	3,00	3,60	4,20	4,80
3,0	0,90	1,80	2,70	3,60	4,50	5,40	6,30	7,20

4,0	1,20	2,40	3,60	4,80	6,00	7,20	8,40	9,60
5,0	1,50	3,00	4,50	6,00	7,50	9,00	10,50	12,00
6,0	1,80	3,60	5,40	7,20	9,00	10,80	12,80	14,40
7,0	2,10	4,20	6,30	8,40	10,50	12,60	14,70	16,80
8,0	2,40	4,80	7,20	9,60	12,00	14,40	16,80	19,20
9,0	2,70	5,40	8,10	10,80	13,50	16,20	18,90	21,60
10,0	3,00	6,00	9,00	12,00	15,00	18,00	21,00	24,00

Таблица 7: Линейное расширение (мм) для трубы армированной стекловолокном PN 20 Optimum

Длина трубы, м	Разница температур Δt , °C							
	10	20	30	40	50	60	70	80
0,1	0,035	0,07	0,105	0,14	0,175	0,21	0,245	0,28
0,2	0,07	0,14	0,21	0,28	0,35	0,42	0,49	0,56
0,3	0,105	0,21	0,315	0,42	0,525	0,63	0,735	0,84
0,4	0,14	0,28	0,42	0,56	0,7	0,84	0,98	1,12
0,5	0,175	0,35	0,525	0,7	0,875	1,05	1,225	1,4
0,6	0,21	0,42	0,63	0,84	1,05	1,26	1,47	1,68
0,7	0,245	0,49	0,735	0,98	1,225	1,47	1,715	1,96
0,8	0,28	0,56	0,84	1,12	1,4	1,68	1,96	2,24
0,9	0,315	0,63	0,945	1,26	1,575	1,89	2,205	2,52
1,0	0,35	0,7	1,05	1,4	1,75	2,1	2,45	2,8
2,0	0,7	1,4	2,1	2,8	3,5	4,2	4,9	5,6
3,0	1,05	2,1	3,15	4,2	5,25	6,3	7,35	8,4
4,0	1,4	2,8	4,2	5,6	7	8,4	9,8	11,2
5,0	1,75	3,5	5,25	7	8,75	10,5	12,25	14
6,0	2,1	4,2	6,3	8,4	10,5	12,6	14,7	16,8
7,0	2,45	4,9	7,35	9,8	12,25	14,7	17,15	19,6
8,0	2,8	5,6	8,4	11,2	14	16,8	19,6	22,4

9,0	3,15	6,3	9,45	12,6	15,75	18,9	22,05	25,2
10,0	3,5	7	10,5	14	17,5	21	24,5	28

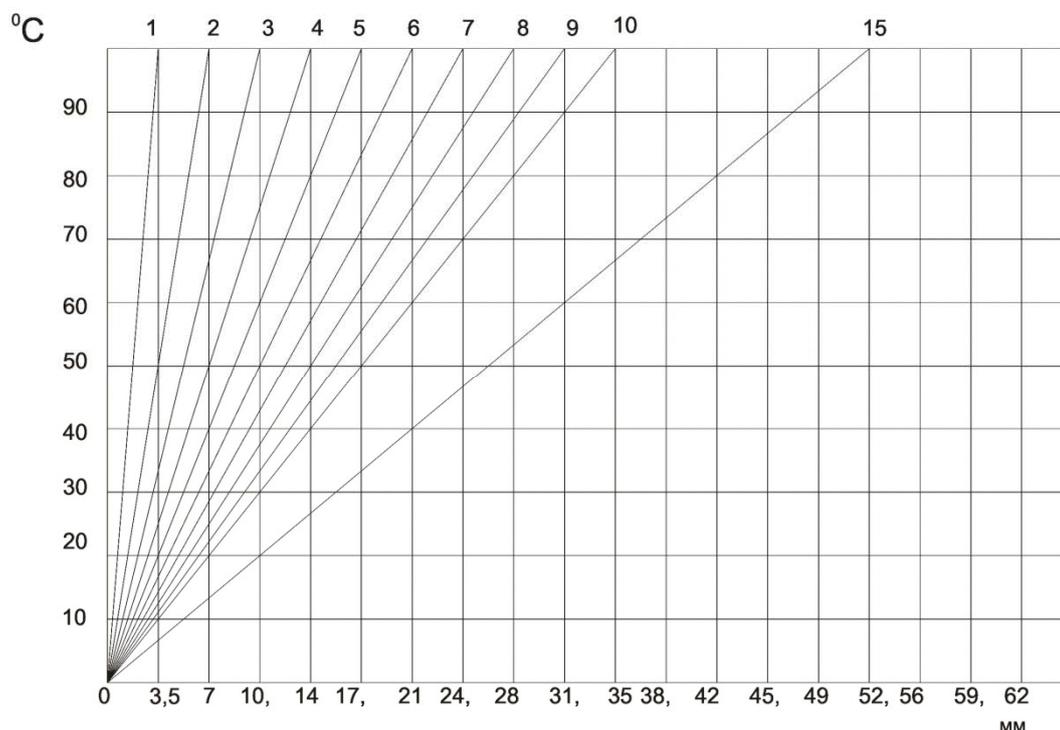


График 3: Линейное расширение для трубы PN 20 Optimum (армированные стекловолокном)

3.3 Компенсация линейного изменения

Если линейные изменения трубопровода не компенсированы подходящим способом, т.е. если нет возможности продлевать или укорачивать трубопровод, в стенках труб концентрируется дополнительное напряжение, возникающее при растяжении и сжатии. Это приводит к существенному сокращению срока эксплуатации трубопровода.

Компенсировать линейные изменения можно тремя способами:

- способом углового расширения (рис.1)
- с помощью П-образных компенсаторов (рис.2)
- с помощью петлеобразных (круговых) компенсаторов (рис.3)

Расчет компенсирующей способности L_k углового метода и П-образных компенсаторов производится по эмпирической формуле:

$$L_k = k * \sqrt{d * \Delta l}, \text{ где}$$

L_k – свободная длина компенсатора, мм;
 k – коэффициент материала (для полипропилена PPRC $k = 30$);
 d – наружный диаметр трубы, мм;
 Δl – линейное расширение, мм.

Величину L_k можно также определить на графике 4

1) Способ углового расширения основывается на изменении прямолинейного направления прокладки трубопровода угловым соединением.

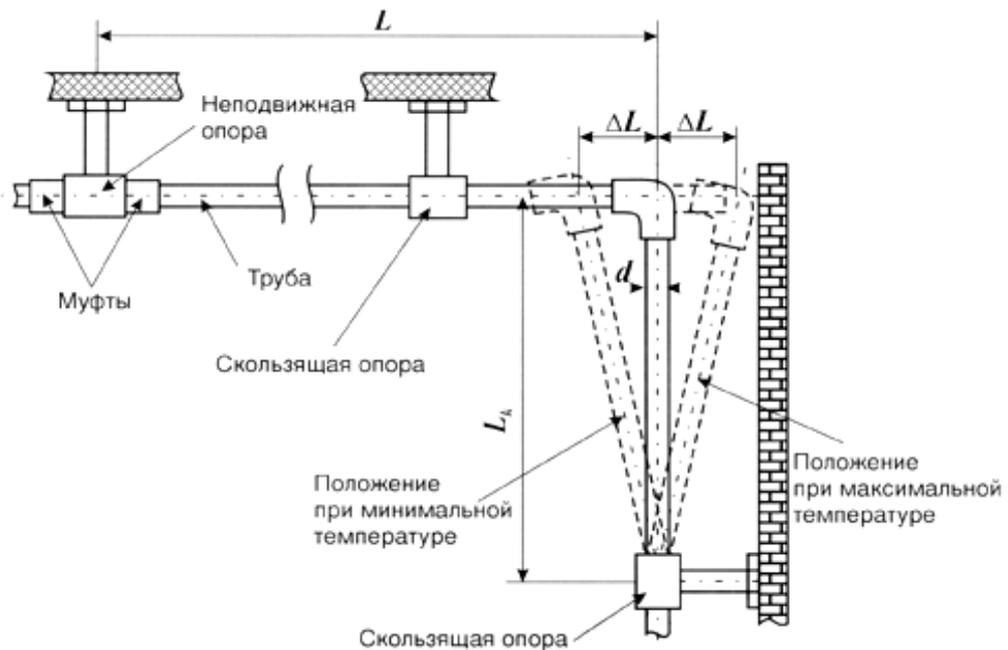


Рисунок 1: Угловой метод компенсации.

2) В случаях, когда компенсация путем изменения направления прокладки не возможна, т.е. направление прокладки трубопровода должно быть прямолинейным, применяется П-образный метод компенсации линейного расширения.

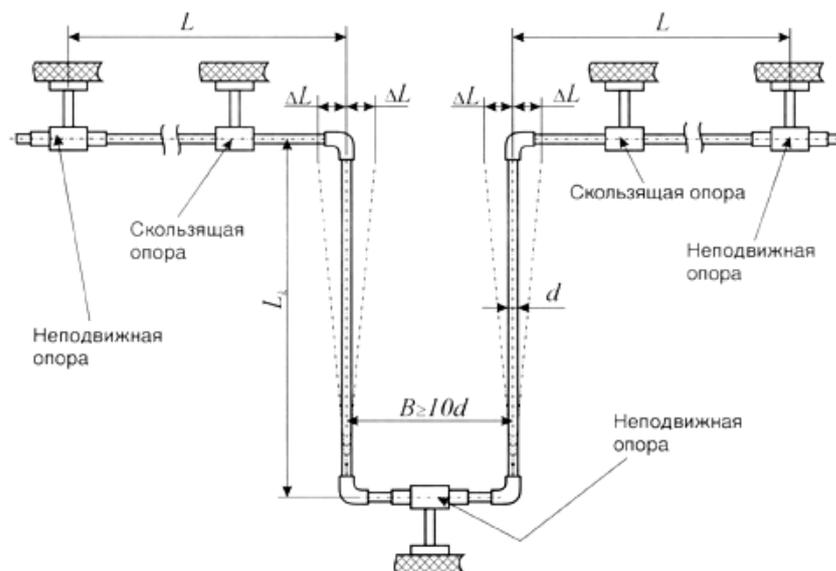


Рисунок. 2: П-образный метод компенсации.

3) Петлеобразная компенсация.

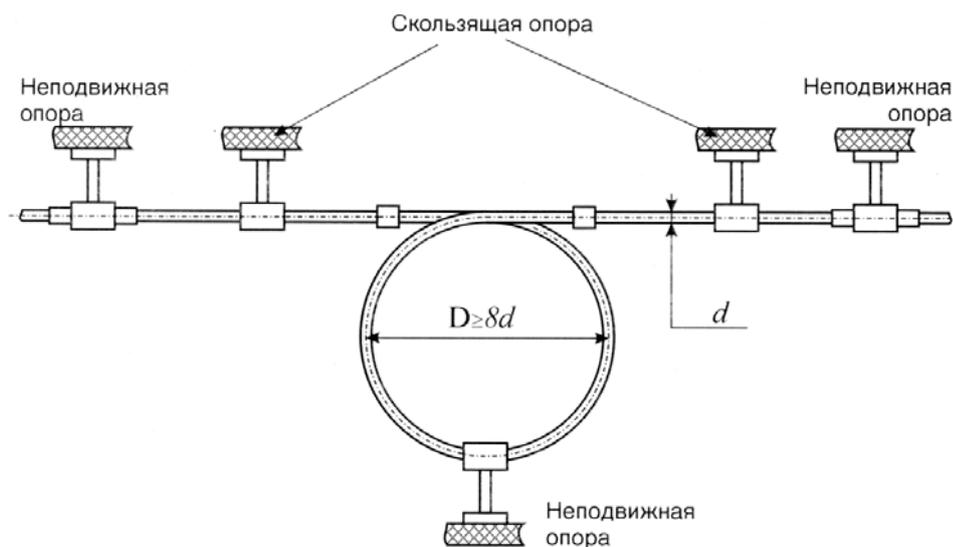


Рисунок 3: Петлеобразный метод компенсации.

Таблица 7. Компенсирующая способность петлеобразных компенсаторов

Наружный диаметр трубы, мм	20	25	32	40
Компенсирующая способность, мм	80	65-70	55	45

Таблица 8. Максимальное расстояние между опорами трубопровода FD (горизонтальный)

Ø трубопровода (мм)	Расстояние (см) при температуре теплоносителя					
	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	80°C

PN 20	20	95	90	85	85	80	70
	25	100	100	100	95	90	85
	32	120	115	115	110	100	90
	40	130	130	125	120	115	100
	50	150	150	140	130	125	110
	63	170	160	155	150	145	125
	75	185	180	175	160	155	140
	90	200	200	185	180	175	150
	110	220	215	210	195	190	165
PN 16	20	90	80	80	80	70	65
	25	95	95	95	90	80	75
	32	110	105	105	100	95	80
	40	120	120	115	110	105	95
	50	135	130	125	120	115	100
	63	155	150	145	135	130	115
	75	170	165	160	150	145	125
	90	180	180	170	165	160	135
	110	200	195	190	180	175	155
PN 10	20	80	75	70	70	65	60
	25	85	85	85	80	75	70
	32	100	95	95	90	85	75
	40	110	110	105	100	95	85
	50	125	120	115	110	105	90
	63	140	135	130	125	120	105
	75	155	150	145	135	130	115
	90	165	165	155	150	154	125
	110	185	180	175	165	160	140

Для вертикальных трубопроводов максимальное расстояние между опорами умножается на коэффициент 1,3.

Таблица 9. Максимальное расстояние между опорами армированного трубопровода FD (вертикальный)

Ø трубопровода (мм)	20	25	32	40	50	63	75	90	110
Максимальное расстояние между	120	140	145	150	155	165	170	190	205

опорами (см)									
--------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Определение компенсационной длины L_k

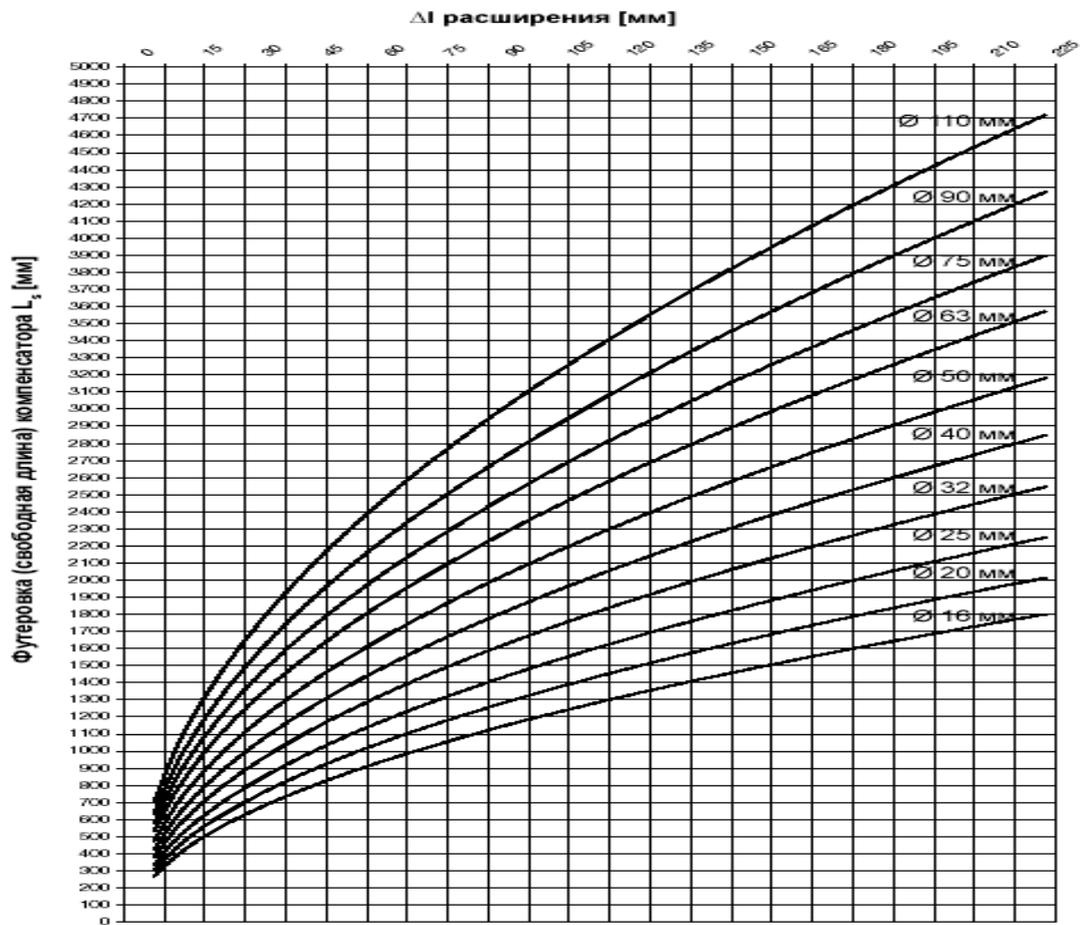


График 4: Свободная длина компенсатора L_k для трубопровода из полипропилена в зависимости от линейного расширения Δl и диаметра труб d .

Пример:

Исходные значения:

используется трубопровод FD ($k = 30$);

диаметр трубы $d = 40$ мм;

линейное расширение $\Delta l = 55$ мм.

$$L_k = k * \sqrt{d * \Delta l} = 30 * \sqrt{40 * 55} = 1407 \text{ мм}$$

При проектировании трубопроводы разделяются на отдельные участки путем распределения точек жесткого крепления.

3.4 Способы прокладки трубопроводов

При прокладке трубопроводов используют следующие методы:

- открытая прокладка,
- прокладка под штукатуркой
- прокладка в шахтах и каналах
- бесканальная прокладка в грунте (наружные трубопроводы).

Трубопроводы в зданиях прокладываются на подвесках, опорах и кронштейнах открыто или скрыто (внутри шахт, строительных конструкций, борозд, в каналах). Скрытая прокладка трубопроводов применяется для обеспечения защиты пластмассовых труб от механических повреждений.

Трубопроводы вне зданий (межцеховые или наружные) прокладываются на эстакадах и опорах (в обогреваемых или не обогреваемых коробах и галереях или без них), в каналах (проходных или непроходных) и в грунте (бесканальная прокладка).

3.4.1 Прокладка восходящего трубопровода

При монтаже восходящего трубопровода необходимо обращать внимание на расстановку неподвижных опор, а также на создание подходящего способа компенсации

Компенсация восходящих трубопроводов обеспечивается:

- у основании стояка подвижными опорами
- на вершине стояка подвижными опорами



Символы:

KU – посадка с трением скольжения

L_s – свободная длина для компенсации

3.5.2 Прокладка горизонтального трубопровода

При прокладке горизонтальных трубопроводов необходимо уделять внимание решению вопроса компенсации и способа прокладки трубопровода.

Наиболее распространенным способом является прокладка в оцинкованных или пластиковых желобах, в патронах, иногда в открытой дорожке. Компенсация линейного расширения чаще всего производится при помощи

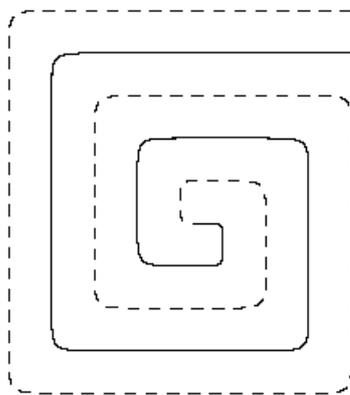
изменения трассы трубопровода или использованием П-образных компенсаторов. Возможно также использование компенсационных петель. Компенсация может быть решена с помощью подвесок или горизонтальных консольных опор.

3.5 "Тёплый пол"

При монтаже "тёплых полов" необходимо соблюдать максимальную температуру наружного слоя пола в помещениях, предназначенных для пребывания людей.

Для того чтобы сделать возможным перенос тепла, при проектировании "тёплых полов" выбирается низкая скорость потока воды для отопления (приблизительно 0,3 м/с). Давление в трубопроводе определяется на основе эксплуатационных параметров отопительной системы.

Температура воды для отопления устанавливается на основе расчета в зависимости от типа помещения, типа напольного покрытия и наружной расчетной температуры в месте строительства. Обычно максимальная температура в сети пологого отопления 45 °С, давление 0,3 МПа. Для прокладки отопительных контуров используется труба в рулоне. Такой трубопровод более выгоден, так как избавляет от необходимости использовать в конструкции пола лишние соединения. Отопительные трубы монтируются в конструкции пола по спирали.



Диаметр и шаг прокладки труб устанавливается на основании расчета. При проектировании "тёплого пола" необходимо определить способ регулировки отопительной мощности пола и обеспечить соблюдение максимальной температуры поверхности.

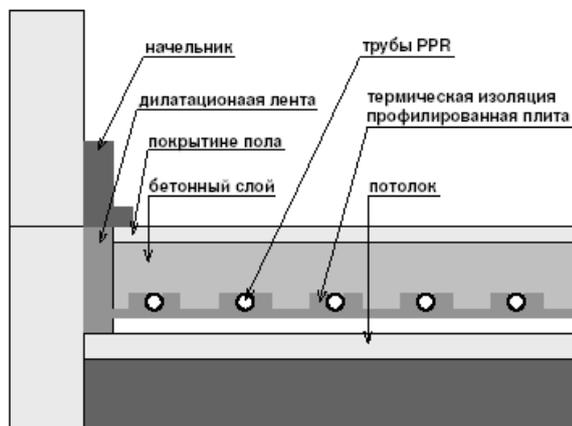
В местах, где имеется необходимость более высокой мощности (под окнами), отопительные трубы прокладываются чаще. В местах, закрытых мебелью, трубы для отопления помещения не кладутся.

Максимальная длина отопительного змеевика для одного отопительного контура 100 м.

Каждый отопительный контур начинается в распределительном коллекторе, а кончается в приемном коллекторе. Необходимо обеспечить возможность спуска воздуха из трубопровода в самом высоком месте.

Для экономной эксплуатации "тёплых полов" выбирают напольное покрытие с минимальным тепловым сопротивлением.

Во время прокладки нужно обеспечить точное положение трубопровода и его межосевого расстояния.



При монтаже отопления в полу руководствуются теми же правилами, что и при монтаже водопровода.

Трубопровод аккуратно отматывают с рулона, избегая крутильного напряжения, и постепенно прикрепляют к основанию. Особое внимание нужно уделять прикреплению трубопровода к металлическим подстилающим сетям. Необходимо избегать угрозы механических повреждений трубопровода в местах прикрепления.

По окончании прокладки трубопровод устанавливают приблизительно на половину эксплуатационной температуры. Форма трубопровода устанавливается, и только после этого можно приступать к укладке следующих слоев пола.

"Тёплый пол" является одним из наиболее комфортных и эффективных способов отопления. Чтобы использовать все его преимущества, нужно тщательно спроектировать отопительную систему, принимая во внимание и другие факторы, так как в большинстве случаев "тёплый пол" представляет собой лишь один из способов в отопительной системе объекта.

3.6 Изоляция

При монтаже систем горячего водоснабжения необходимо изолировать трубопровод во избежание термических потерь. При монтаже систем холодного водоснабжения трубопровод необходимо защитить от образования конденсата и во избежание нагрева труб выше 20°C, что важно с точки зрения сохранения гигиенических норм питьевой воды.

Толщина и вид изоляции устанавливается на основании термического сопротивления используемой изоляции, влажности воздуха в помещении, где устанавливается трубопровод, вызванной разницей между температурой воздуха в помещении и температурой текущей воды.

Трубопровод необходимо изолировать по всей длине трассы, включая фитинги и арматуру. Необходимо соблюдать проектную минимальную толщину изоляции трубопровода вдоль всей длины трассы.

Таблица 10: Минимальная толщина изоляции для холодного водоснабжения.

Вид прокладки трубопроводов	Толщина слоя изоляции, мм при $\lambda = 0,040$ Вт(мК)*
Открытая прокладка трубопровода в неотапливаемом помещении (подвал)	4
Открытая прокладка трубопровода в отапливаемом помещении	9
Прокладка трубопровода в канале, без горячих трубопроводов	4
Прокладка трубопровода в канале, рядом с горячими трубопроводами	13
Прокладка трубопровода в щели каменной стены, стояке	4
Прокладка трубопровода в прорези стены, рядом с горячими трубопроводами	13
Прокладка трубопровода на бетонном потолке	4

* - Для других коэффициентов теплопроводности толщина слоя изоляции рассчитывается соответственно по отношению к диаметру d.

Толщина изоляции для горячего водоснабжения обычно колеблется между 9 и 15 мм при термической сопротивляемости $\lambda = 0,040$ Вт (мК).