

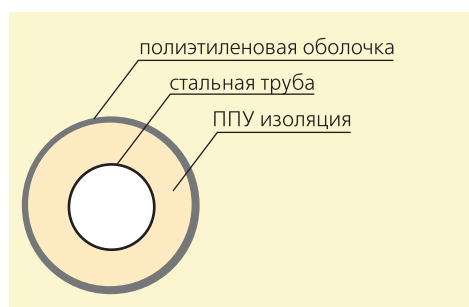


3. Проектирование

3.1. Основные принципы проектирования бесканальной прокладки тепловых сетей с ППУ изоляцией производства ЗАО «МосФлоулайн»

Предварительно изолированные пенополиуретаном трубы представляют собой конструкцию типа «сэндвич», которая состоит из стальной трубы, слоя ППУ изоляции и гидрозащитной полиэтиленовой оболочки.

Технологический процесс производства теплоизолированных труб обеспечивает хорошую адгезию (сцепление) между металлической трубой, пенополиуретановой изоляцией и внешней оболочкой. С этой целью наружная поверхность стальных труб предварительно обрабатывается в дробеструйной установке, а на внутренней поверхности полиэтиленовой оболочки создается шороховатость за счет обработки коронным разрядом. Благодаря связям вся конструкция представляет собой единое целое.



При нагреве трубопровода до рабочей температуры свободному расширению препятствует сила трения между полиэтиленовой оболочкой и грунтом. Так как конструкция представляет собой единое целое, принято считать, что все нагрузки от силы трения воспринимаются стальной трубой. Деформация пенополиуретана и полиэтиленовой

оболочки тоже требует усилий, но учитывая, что пластичность этих материалов на порядок выше, чем у стальной трубы, этими усилиями можно пренебречь.

При бесканальной прокладке трубопроводов с применением предизолированных труб, изготовленных по технологии ЗАО МосФлоулайн, для компенсации их температурных удлинений предусмотрено несколько методов строительства трубопроводов:

Компенсированный метод.

Температурные удлинения труб в этом методе компенсируются за счет изменений направления трубопроводов, образующих самокомпенсирующиеся участки П-образной, Г-образной или Z-образной формы. В этих случаях между стенкой траншеи и трубопроводом в местах изменения направлений перед обратной засыпкой устанавливают специальные подушки из вспененного полиэтилена, обеспечивающие свободные перемещения труб при их температурных удлинениях.

Преднапряжение при предварительном прогреве.

До начала обратной засыпки теплосеть прогревается до температуры предварительного прогрева (порядка 70°C на подающем трубопроводе, на обратно 40°C), а затем засыпается. При этом методе силы трения между наружной оболочкой и грунтом обеспечивают общую устойчивость системы и уменьшаются удлинения трубопровода.

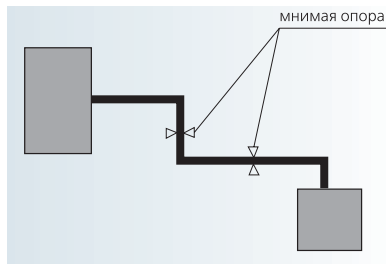


Предварительный прогрев со стартовыми компенсаторами.

Удлинения труб при предварительном прогреве в этом случае воспринимаются стартовыми компенсаторами. До начала предварительного прогрева трубы, уложенные в траншею, засыпают грунтом за исключением мест установки стартовых компенсаторов. После предварительного прогрева и срабатывания стартовых компенсаторов производится их заварка, изоляция места установки и окончательная засыпка. Затем вся система прогревается до рабочей температуры. Дальнейшие перемещения в системе отсутствуют, возникающие напряжения от изменения температуры воспринимаются стальной трубой.

Необходимость установки неподвижных опор при бесканальной прокладке тепловых сетей с ППУ изоляцией производства ЗАО «МосФлоулайн»

При нагреве трубопровода бесканальной прокладки до рабочей температуры на прямом участке, концы которого заканчиваются компенсаторами, обязательно существует точка, которая не имеет перемещений (от которой труба расширяется в



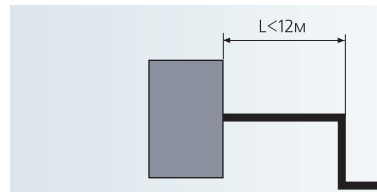
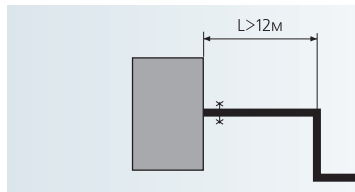
разные стороны). Эту точку принято называть мнимой опорой. Для ручного расчета расположение мнимой опоры принимается условно в середине прямого участка. Устанавливать в этом месте неподвижные опоры нет никакой необходимости.

Неподвижные опоры при бесканальной прокладке устанавливаются в

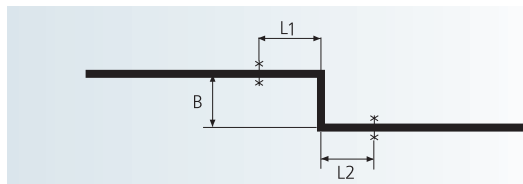
исключительных случаях при необходимости ограничить перемещения трубопроводов.

Например:

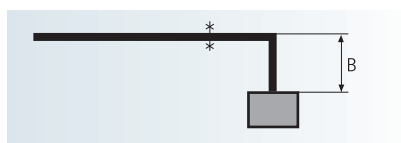
1) На входе в здание если длина прямого участка более 12 метров, чтобы минимизировать воздействие, оказываемое трубопроводами теплосети на схему трубопроводов в тепловом пункте.



2) Если у Z-образного участка плечо «В» имеет величину недостаточную для восприятия перемещений.

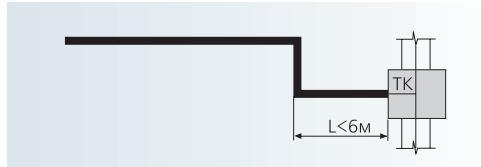


3) Если компенсационное плечо «В» недостаточно для восприятия перемещений.





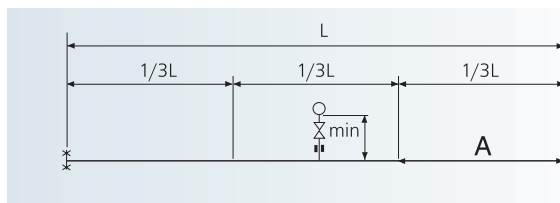
Неподвижные опоры **не следует** устанавливать перед тепловой камерой, если длина прямого участка меньше 6 метров.



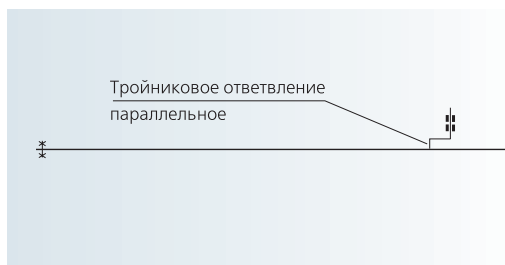
В случае поэтапного пуска тепла в обязательном порядке проводить расчет на прочность с учетом допустимого перемещения в конечных точках

Ответвления

Не рекомендуется предусматривать ответвления в зоне максимальных перемещений (зона А) длины прямого участка от неподвижной или мнимой опоры. В обязательном порядке рассчитать перемещения в точке ответвления по формуле (3.1.5.) и по номограммам найти минимально необходимое плечо "В" для укладки полиэтиленовых подушек.



Не рекомендуется устанавливать ответвления в зоне максимальных перемещений (участок А). В случае установки ответвлений в зонах максимальных перемещений рекомендуется применять тройники параллельные.



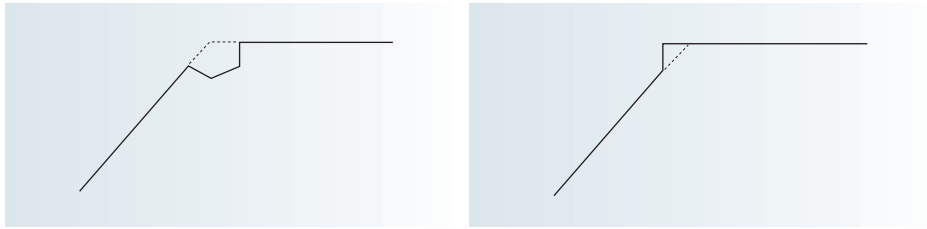
В случаях изменения направления трассы в пределах 80° - 90° расчеты перемещений и величины плеча компенсатора "В" можно вести по формулам (3.1.4)

Если изменения направления трассы в пределах 45° - 80° расчеты перемещений можно вести по формулам (3.1.6).

В этих случаях необходимо уменьшать плечи компенсируемых участков. Участки трубопровода с углами поворота трассы, отличными от 80° - 90° , рекомендуется рассчитывать с помощью компьютерных программ (например "Старт-П"). Все углы лежащие в пределах 0° - 45° не являются компенсационными и по возможности на таких углах поворота необходимо предусматривать компенсирующие углы (45° - 90°).



МОСФЛОУЛАЙН



Расчет температурных удлинений

Температурные удлинения свободно лежащих труб при изменении их температуры определяют по формуле:

(3.1.1)

$$\Delta L = \alpha \cdot \Delta t \cdot L$$

где ΔL - удлинение, м;
 α - коэффициент линейного расширения стали, $1/^\circ\text{C}$;
 Δt - изменение температуры, $^\circ\text{C}$;
 L - длина рассматриваемого участка трубопровода, м

При подземной прокладке теплотрасс возникающие в теплоизолированных трубопроводах удлинения частично компенсируются за счет сил трения между оболочкой и грунтом обратной засыпки. Величину сил трения между грунтом и оболочкой определяют по формуле:

(3.1.2)

$$F = \pi \cdot D \cdot z \cdot \gamma \cdot \mu \cdot (1 + K_0) / 2$$

где F - сила трения на единицу длины трубопровода, Н/м;
 D - диаметр полиэтиленовой оболочки, м;
 z - расстояние от поверхности земли до оси трубопровода, м;
 γ - плотность грунта обратной засыпки, $\text{H}/\text{м}^3$;
 $\mu = 0.4$ - коэффициент трения между грунтом и оболочкой;
 $K_0 = 0.5$ - коэффициент бокового давления грунта

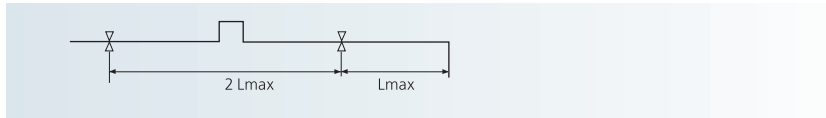
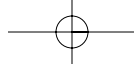
Осевые напряжения в стальной трубе возрастают с удалением от точки расширения.

Предельная длина компенсированного участка ограничена допускаемыми осевыми напряжениями в стальной трубе и определяется по формуле:

(3.1.3)

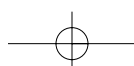
$$L_{\max} = \sigma_{\text{a per}} \cdot A / F$$

где L_{\max} - максимальная длина трубопровода, м;
 $\sigma_{\text{a per}}$ - допускаемое осевое напряжение, $\text{H}/\text{мм}^2$;
 (для расчетов рекомендуется принимать $\sigma_{\text{a per}} = 150 \text{ H}/\text{мм}^2$)
 A - площадь поперечного сечения стальной трубы, мм^2



Компенсированный метод

Особенность этого метода состоит в том, что температурные удлинения трубопровода компенсируют П-образными, Г-образными или Z-образными компенсаторами. Для обеспечения возможности перемещений трубопроводов после их обратной засыпки между трубопроводом и стенкой траншеи устанавливают специальные упругие амортизирующие прокладки, обеспечивающие возможность перемещений трубопровода в осевом направлении. При использовании данного метода обратная засыпка осуществляется до пуска горячей воды. Толщина амортизирующих прокладок определяется в зависимости от расчетного температурного удлинения трубопровода. Амортизирующие прокладки следует устанавливать вертикально, около полиэтиленовой оболочки, так чтобы ось трубопровода и средняя линия прокладки располагались на одном горизонтальном уровне. Амортизирующие прокладки устанавливаются на $2/3$ длины подвижной стороны В. Высота прокладок должна превышать диаметр п/э оболочки не менее, чем на 100 мм.

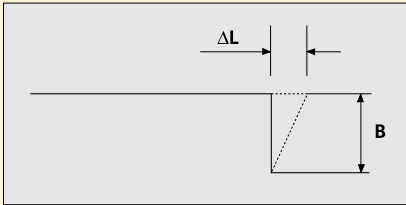




МОСФЛОУЛАЙН



В Г-образном компенсаторе расширение поглощается, как показано на схеме.

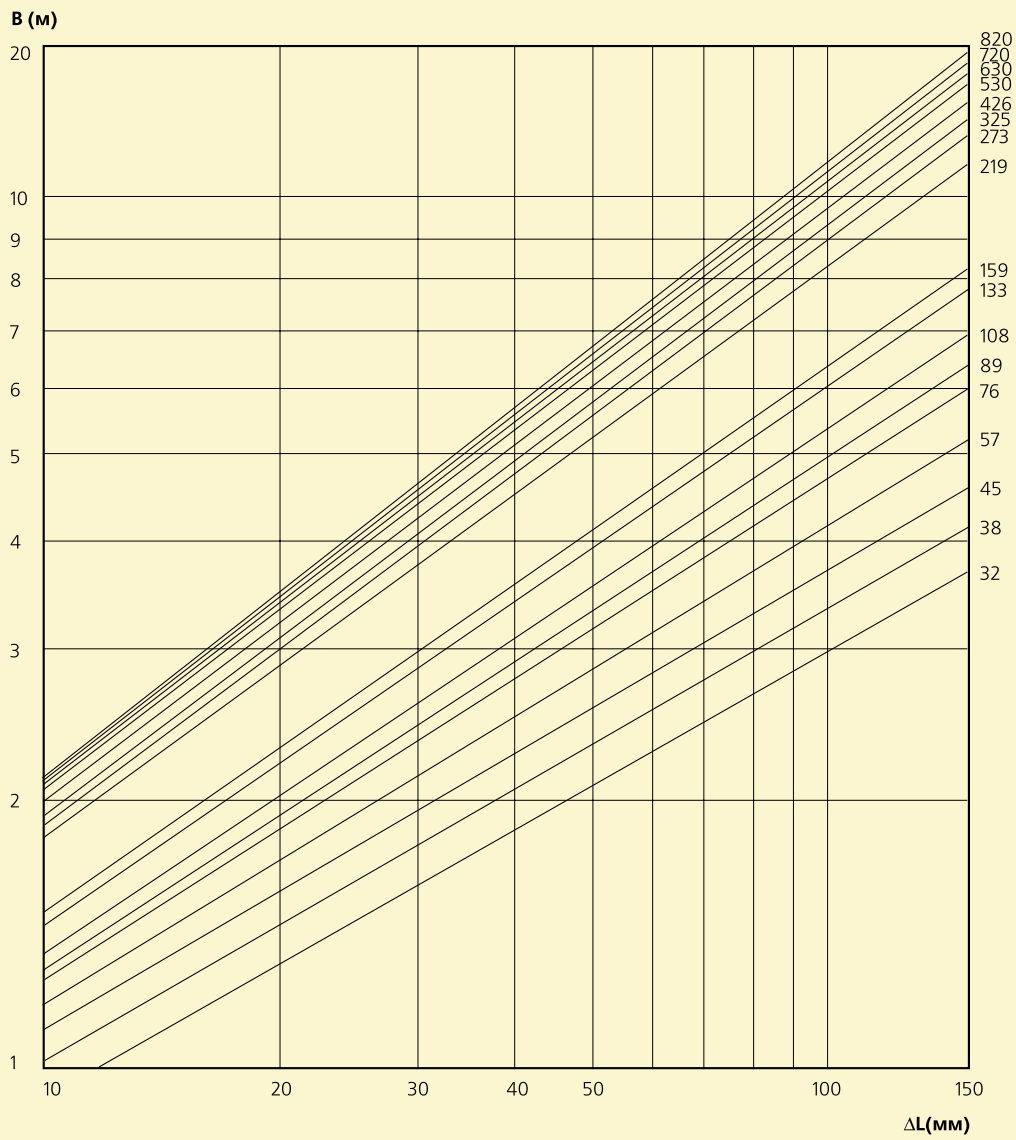


ΔL - расширение, рассчитанное в соответствии с применяемым способом укладки. После определения ΔL можно найти необходимую длину подвижной стороны В.

В диаграмме величина В показана как функция расширения ΔL

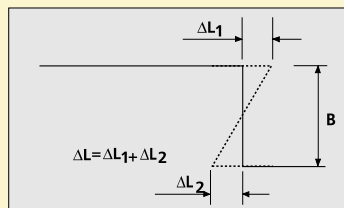
Пример

$d = 159\text{мм}, \Delta L = 30\text{мм}, B = 3,0\text{м}$





В Z-образном компенсаторе расширение поглощается, как показано на схеме, приведенной ниже.

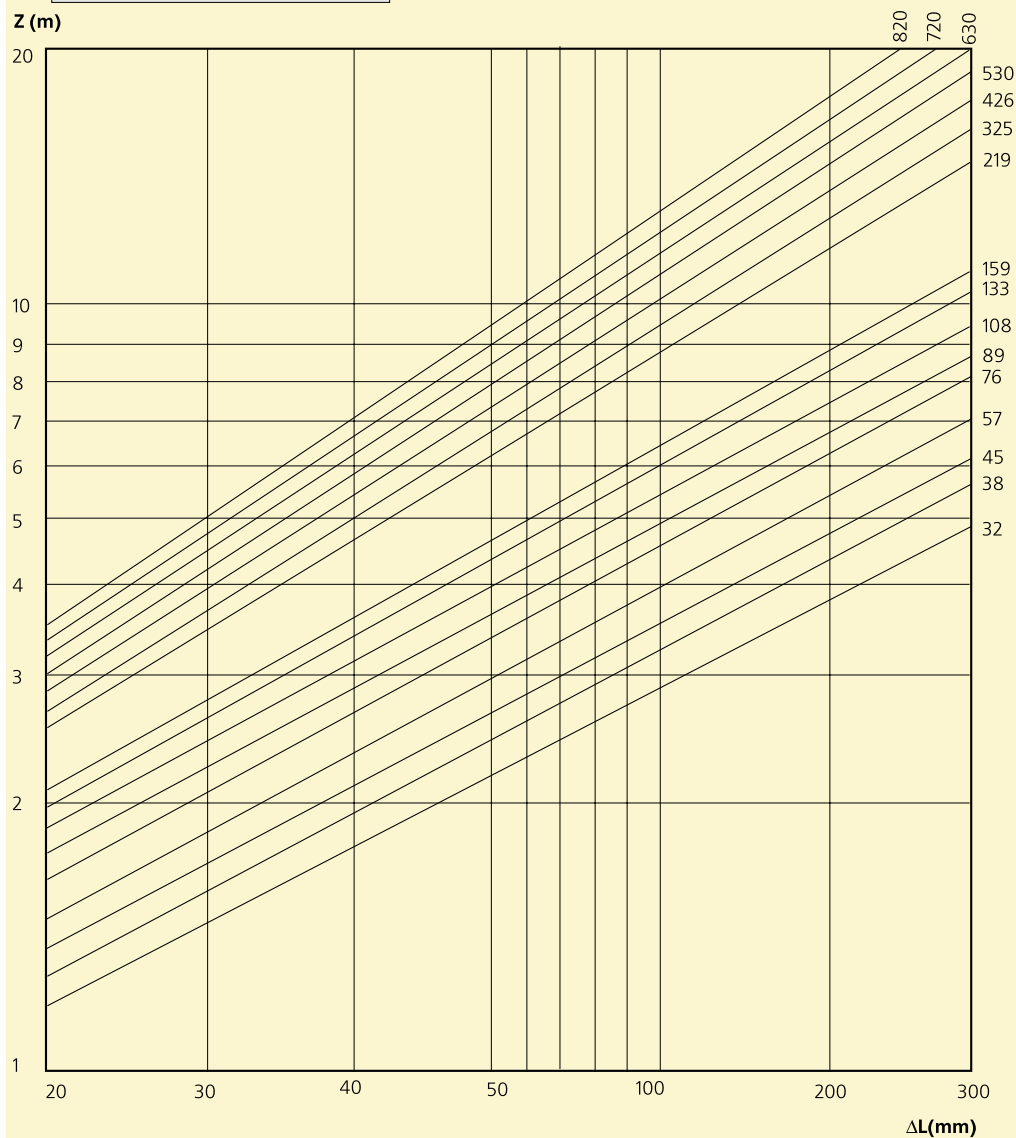


ΔL - расширение, рассчитанное в соответствии с применяемым способом укладки. После определения ΔL можно найти необходимую длину подвижной стороны В.

В диаграмме величина В показана как функция расширения ΔL

Пример

$d = 159\text{mm}$, $\Delta L = 45\text{mm}$, $B = 3,5\text{m}$

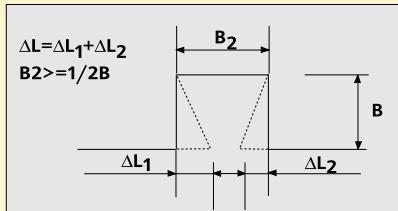




МОСФЛОУЛАЙН



В П-образном компенсаторе расширение поглощается, как показано на схеме.



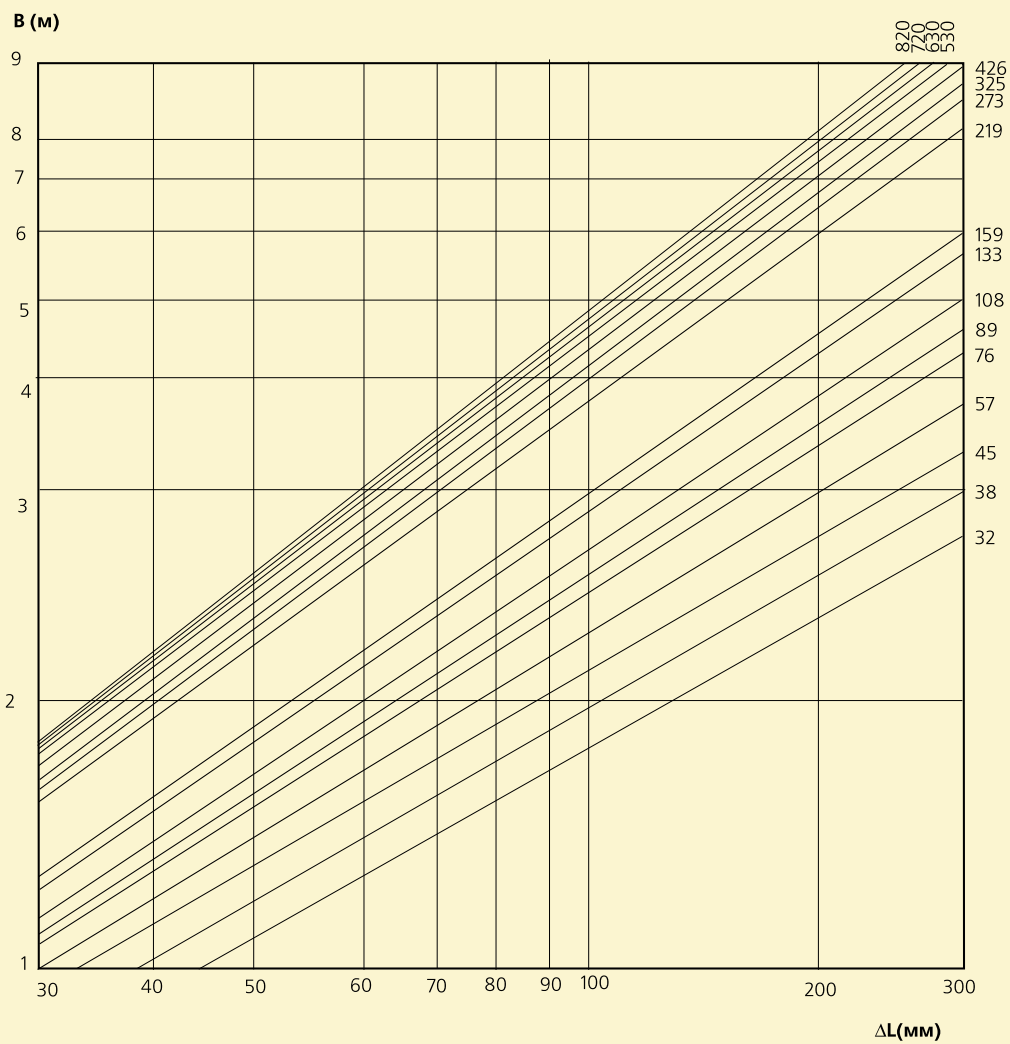
ΔL - расширение, рассчитанное в соответствии с применяемым способом укладки. После определения ΔL можно найти необходимую длину подвижной стороны В.

Количество подушек из пенопалста для обеих сторон зависит соответственно от $\Delta L1$ и $\Delta L2$.

В нижеприведенной диаграмме В показано как функция расширения ΔL

Пример

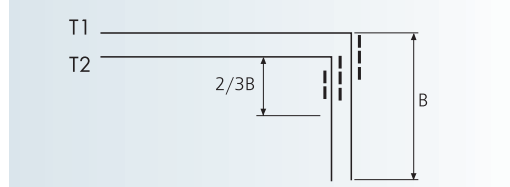
$d = 159\text{mm}$, $\Delta L = 30\text{mm}$, $B = 3,0\text{m}$



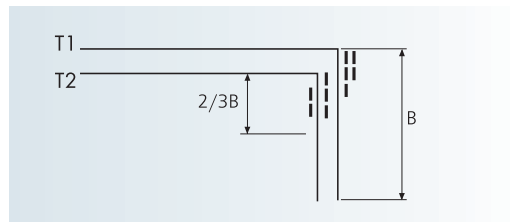


Количество амортизирующих прокладок толщиной 45 мм определяют исходя из следующих условий:

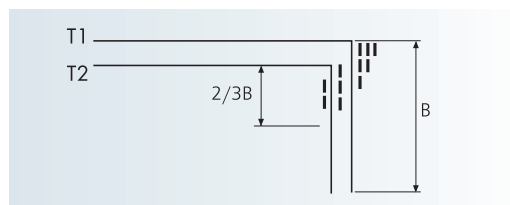
При перемещении трубопровода $0 < L < 10$ мм амортизирующие прокладки не применяются.



$10 \text{ мм} \leq L < 35 \text{ мм}$ - один слой амортизирующих прокладок;



$35 \text{ мм} \leq L < 70 \text{ мм}$ - два слоя прокладок;



$70 \text{ мм} \leq L < 105 \text{ мм}$ - три слоя прокладок.

В местах установки концевых заглушек изоляции установить амортизирующие прокладки размерами D оболочки + 200 мм.



Температурное удлинение теплоизолированного трубопровода после его укладки в траншею и обратной засыпки грунтом определяют по формуле: (3.1.4)

$$\Delta L = \alpha \cdot (t_d - t_i) \cdot L - F \cdot L^2 / 2 \cdot E \cdot A$$

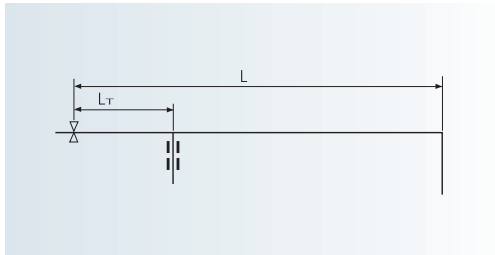
где ΔL - температурное удлинение стальной трубы, м;
 $\alpha = 1,2 \times 10^{-5}$ - коэффициент линейного расширения стальной трубы, $^{\circ}\text{C}^{-1}$;
 t_d - расчетная рабочая температура, $^{\circ}\text{C}$;
 t_i - температура во время монтажа, $^{\circ}\text{C}$;
 L - расстояние от опоры до компенсатора, м;
 A - площадь поперечного сечения стальной трубы, мм^2 ;
 $E = 2,1 \cdot 10^5$ - модуль упругости стали, $\text{Н}/\text{мм}^2$;
 F - сила трения между грунтом и оболочкой, $\text{Н}/\text{м}$.



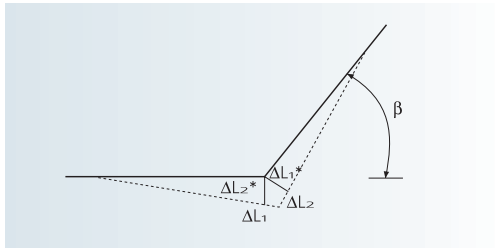
В тех случаях, когда на трубопроводе имеется ответвление, расположенное на значительном расстоянии от неподвижной опоры, для обеспечения его свободных перемещений при колебаниях температуры между трубопроводом ответвления и стенками траншеи должны быть также установлены амортизирующие прокладки. (3.1.5)

$$\Delta L_T = \alpha \cdot (t_d - t_i) \cdot L_T - F \cdot (2 \cdot L - L_T) \cdot L_T / 2 \cdot E \cdot A$$

где ΔL_T - перемещения Т-образного отвода, м;
 L_T - расстояние от Т-образного отвода до ближайшей неподвижной опоры;
 Остальные обозначения прежние



В случаях изменения направления трассы в пределах $45^\circ - 80^\circ$ расширение определяется следующим образом:



$$\Delta L_1^* = \Delta L_2 / \operatorname{tg} \beta + \Delta L_1 / \sin \beta$$

$$\Delta L_2^* = \Delta L_1 / \operatorname{tg} \beta + \Delta L_2 / \sin \beta$$

где ΔL_1 и ΔL_2 - свободное расширение

Основной проверочный расчет трубопроводов на прочность рекомендуется проводить по компьютерной программе "Старт".

Метод преднапряжений при предварительном прогреве

Этот метод используется, если есть возможность удерживать температуру теплоносителя длительное время при открытой траншее.

При использовании этого метода до начала обратной засыпки вся система трубопровода нагревается до температуры предварительного прогрева. При достижении этой температуры осуществляют засыпку траншеи грунтом, после чего трубопровод прогревается до рабочей температуры.

Силы трения между грунтом и оболочкой удерживают всю систему от перемещений, а изменения температурного режима вызывают развитие осевых напряжений в стальной трубе.



Если в дальнейшем температура трубопровода будет ниже температуры предварительного прогрева, в трубопроводе возникнут осевые растягивающие напряжения.

Температуру предварительного прогрева следует назначать с таким расчетом, чтобы осевые сжимающие напряжения при рабочей температуре и растягивающие напряжения при охлаждении были одинаковы по абсолютной величине и во всех случаях не превышали допустимых осевых напряжений в трубопроводе.

Осевые напряжения при предварительном прогреве в этом случае могут быть определены по следующей формуле:

(3.1.6)

$$\sigma_{\alpha} = E \cdot \alpha \cdot \Delta t$$

где σ_{α} - осевое напряжение, Н/мм²;
 Δt - температурное приращение, °С;
Остальные обозначения прежние

Если приращение температуры $\Delta t \leq 130^{\circ}\text{C}$, температуру предварительного прогрева определяют по формуле:

(3.1.7)

$$t_{\text{pre}} = (t_i + t_d) / 2$$

где t_{pre} - температура предварительного прогрева, °С;
 t_i - монтажная температура, °С;
 t_d - расчетная рабочая температура, °С

Если предполагается, что в процессе эксплуатации температура трубопровода может быть ниже монтажной температуры, при расчетах необходимо использовать значения температуры в эксплуатационный период.

Метод предварительного прогрева со стартовыми компенсаторами

При этом методе удлинения трубопровода при его предварительном прогреве воспринимаются стартовыми компенсаторами.

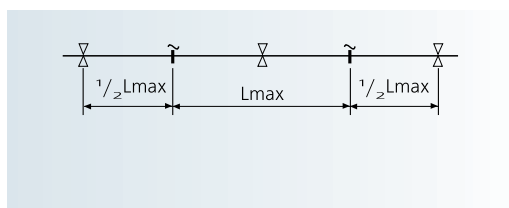
Стартовые компенсаторы устанавливают на трубопроводе в соответствии с предусмотренной в проекте монтажной схемой. До начала предварительного прогрева траншею с трубами засыпают грунтом, за исключением участков, на которых установлены стартовые компенсаторы.



МОСФЛОУЛАЙН



Максимальное расстояние между двумя стартовыми компенсаторами не должно превышать величину L_{max} , определенную по формуле 3.1.3, а расстояние от ближайшей неподвижной опоры до стартового компенсатора не должно превышать $0.5 \cdot L_{max}$.



Величину удлинения трубопровода при предварительном прогреве определяют на стадии проектирования по формуле:
(3.1.8)

$$\Delta L = 0.5 \cdot (t_d - t_i) \cdot L \cdot \alpha, \text{ (м)}$$

где t_d – максимальная рабочая температура в подающем трубопроводе, °С;
 t_i – температура наружного воздуха, при установке стартового компенсатора, °С;
 L – расстояние между компенсаторами, м;
 α – коэффициент температурного расширения стали, $1/^\circ\text{C}$

Величина удлинения трубопровода при предварительном прогреве со стартовыми компенсаторами.

	Длина зоны обслуживания L (м)	Температура воздуха в момент монтажа °С							
		-10	-5	0	5	10	15	20	25
Настройка стартового компенсатора (мм)									

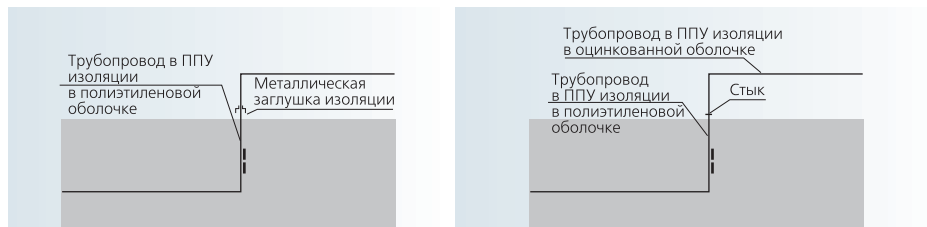
Величина максимального перемещения (хода), на которую рассчитан каждый компенсатор, должна быть указана в паспорте стартового компенсатора.

При установке стартовых компенсаторов используют приведенные ниже два метода, обеспечивающие компенсацию удлинения трубопроводов в процессе их предварительного прогрева. Смотри раздел 14.

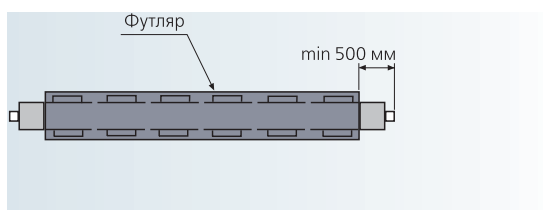


Узлы перехода бесканальной прокладки в надземные.

При переходе из бесканальной прокладки в надземную оцинкованная оболочка должна находиться на расстоянии 200 мм над землей.

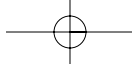


При применении трубы в усиленной оболочке необходимо закладывать min внутренний диаметр футляра из расчета диаметр кольца усиления $D1+50$ мм. Для возможности проведения работ по изоляции стыков труба должна выходить за пределы футляра не менее чем на 500 мм. ($D1$ - см. трубу в усиленной оболочке).



ЗАО МосФлоулайн оказывает услуги по проведению расчетов теплотрасс с применением продукции нашего производства без оплаты. По всем вопросам обращаться в проектно-технический отдел по телефонам:

(095) 486-67-67, 486-67-45 ; факс 486-27-15.



МОСФЛОУЛАЙН

