



в энергетике

ЭНЕРГОМАШ
БЕЛГОРОД



КОМПЕНСАТОРЫ СИЛЬФОННЫЕ МНОГОСЛОЙНЫЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ ПО ПРИМЕНЕНИЮ РД-3-ВЭП-14-3113

ГРУППА ПРЕДПРИЯТИЙ «ЭНЕРГОМАШ»
ЗАО «ЭНЕРГОМАШ (БЕЛГОРОД) - БЗЭМ»

СОДЕРЖАНИЕ

1. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ	3
2. ОБЩАЯ ЧАСТЬ	4
3. ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОМПЕНСАТОРОВ	6
3.1. Основные параметры и характеристики	6
3.2. Требования к изготовлению	7
3.3. Методы контроля	7
3.4. Комплектность	8
3.5. Маркировка	9
4. МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ	9
4.1. Общие положения	9
4.2. Порядок проектирования	9
4.3. Анализ схемы трубопровода	10
4.4. Назначение компенсатора	10
4.5. Выбор типа компенсатора	10
4.6. Размещение компенсатора	10
4.7. Расстановка промежуточных опор	19
4.8. Расчет нагрузок на опоры	19
4.9. Расчет на самокомпенсацию	20
4.10. Заключение об использовании компенсатора	20
4.11. Примеры расчета сил и моментов, действующих от компенсатора, на системы трубопроводов	20
5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРУБОПРОВОДА ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ	36
5.1. Общие положения	36
5.2. Выбор осевых компенсаторов	36
5.3. Размещение осевых компенсаторов	36
Расчет деформаций	38
Расстановка направляющих опор	38
Расчет предельно допустимой длины участка трубопровода	39
Расчет максимально допустимого расстояния между СКСТ	42
Проверка живучести системы	44
Проверка устойчивости системы	45
5.4. Расчет нагрузок на опоры	47
5.5. Установка осевых и стартовых компенсаторов на монтаже	52
5.6. Прокладка трубопроводов с осевыми и стартовыми компенсаторами	53
6. ОСОБЕННОСТИ ВЕДЕНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ С ОСЕВЫМИ И СТАРТОВЫМИ КОМПЕНСАТОРАМИ	54
6.1. Общая часть	54
6.2. Ведение земляных работ	54
6.3. Монтаж трубопроводов с осевыми и стартовыми компенсаторами	55
6.4. Изоляция стыков осевых компенсаторов с трубопроводами	56
6.5. Монтаж сигнальной системы	57
7. ИСПЫТАНИЯ КОМПЕНСАТОРОВ И ТРУБОПРОВОДОВ С ОСЕВЫМИ И СТАРТОВЫМИ КОМПЕНСАТОРАМИ	58
7.1 Общие положения	58

7.2. Проверка чистоты трубопроводной системы	58
7.3. Проверка качества сварных соединений полиэтиленовой оболочки	59
7.4. Гидравлические испытания	59
7.5. Испытания сигнальной системы	59
8. ПРАВИЛА ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ ПРИ УСТАНОВКЕ ОСЕВЫХ И СТАРТОВЫХ КОМПЕНСАТОРОВ	59
9. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ	60
10. ТРАНСПОРТИРОВКА И ХРАНЕНИЕ	60
11. УКАЗАНИЕ ПО МОНТАЖУ И ЭКСПЛУАТАЦИИ	61
ПРИЛОЖЕНИЕ. НОМЕНКЛАТУРА ПРОДУКЦИИ (Таблицы 1-20)	63

1. Термины и определения

Компенсатор – устройство, состоящее из сильфона (сильфонов) и арматуры (патрубки, фланцы), способное поглощать или уравнивать относительные движения определенной величины и частоты, возникающие в герметично соединяемых конструкциях, и проводить в этих условиях пар, жидкости и газы.

Типоразмерный ряд – группа сильфонов одинаковых значений Δy и P_y , имеющих однотипное конструктивное решение.

Сильфон – осесимметричная упругая оболочка, разделяющая среды и способная под действием давления, температуры, силы или момента силы совершать линейные, сдвиговые, угловые перемещения или преобразовывать давление в усилие.

Приемо-сдаточные испытания – контрольные испытания продукции при приемочном контроле.

Приемочные испытания – контрольные испытания опытных образцов, опытных партий продукции или изделий единичного производства, проводимые соответственно с целью решения вопроса о целесообразности постановки этой продукции на производство и (или) использования по назначению.

Квалификационные испытания – контрольные испытания выпускаемой продукции, проводимые в объемах и в сроки, установленные нормативно-технической документацией, с целью контроля стабильности качества продукции и возможности продолжения ее выпуска.

Типовые испытания – контрольные испытания выпускаемой продукции, проводимые с целью оценки эффективности и целесообразности вносимых изменений в конструкцию, рецептуру или технологический процесс.

Сертификационные испытания – контрольные испытания продукции, проводимые с целью установления соответствия характеристик её свойств национальным и (или) международным нормативно-техническим документам.

Отказ – событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта.

Компенсатор универсальный – компенсатор для компенсации осевых, сдвиговых и угловых перемещений трубопроводов. Снижают уровень вибрации, передаваемой от источника вибрации на трубопровод. Передает возникающее, при подаче давления, распорное усилие на трубопровод.

Компенсатор осевой – компенсатор для компенсации осевых перемещений трубопроводов. Снижают уровень вибрации, передаваемой от источника вибрации на трубопровод. Передает возникающее, при подаче давления, распорное усилие на трубопровод.

Компенсатор угловой – компенсатор для компенсации угловых перемещений трубопроводов в одной плоскости. Не передает распорное усилие на трубопровод.

Компенсатор карданный – компенсатор для компенсации угловых перемещений трубопроводов во всех плоскостях. Не передает распорное усилие на трубопровод.

Компенсатор сдвиговый – компенсатор для компенсации сдвиговых перемещений трубопроводов. Не передает распорное усилие на трубопровод.

Компенсатор разгруженный – компенсатор для компенсации осевых, сдвиговых и угловых перемещений трубопроводов. Не передает распорное усилие на трубопровод.

Компенсатор стартовый – предназначен для снижения температурных напряжений в трубопроводе и в рабочем состоянии не передает распорных усилий на трубопровод.

Устройства компенсационные – являются разновидностью осевых компенсаторов и передают распорные усилия на трубопровод. Устройство компенсационное снабжено защитным и направляющим кожухом, в функции которых входит и ограничение осевых перемещений, и препятствие сдвиговым и угловым перемещениям.

2. Общая часть

2.1. Настоящий РД разработан в соответствии с действующей на территории Российской Федерации «Системой нормативных документов в строительстве» – СНиП 10-01-94.

2.2. РД распространяется на трубопроводы тепловых сетей, трубопроводы пара и горячей воды, технологические трубопроводы, сосуды, работающих под давлением, трубопроводы газотурбинных электроцентралей (ГТ ТЭЦ), трубопроводы в пределах котла, конструкция и технические данные которых соответствуют нормативным документам Российской Федерации, и которые способны обеспечивать надежный транспорт среды, в течение всего заданного срока службы.

2.3. РД содержит рекомендации по применению компенсаторов сильфонных многослойных металлических (**компенсаторов**) по техническим условиям ТУ 3113-007-89676552-2010 предприятия ЗАО «Энергомаш (Белгород) – БЗЭМ», для обеспечения эффективной защиты трубопроводов от статических и динамических нагрузок, возникающих при температурных деформациях, вибрациях.

2.4. Компенсаторы соответствуют требованиям в зависимости от области применения: ПБ 10-573-03 «Правилам устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды», ПБ 03-576-03 «Правилам устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением», ПБ 03-585-03 «Правилам устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов».

2.5. Компенсаторы могут эксплуатироваться в районах с сейсмичностью до 9 баллов в соответствии с требованиями СНиП 41-02-2003.

2.6. Срок службы конструкций собственно трубопроводов и их элементов устанавливается на основании:

- расчетного времени разрушения теплоизоляции;
- поверочных расчетов на циклическую прочность фасонных деталей стальных трубопроводов (тройников, отводов и т.д.). Поверочный расчет собственно прямого стального трубопровода разрешается не производить, если повреждаемость от действия всех видов нагрузок удовлетворяет одновременно двум условиям: циклической прочности (малоциклового усталости) и допускаемой величине напряжения в трубопроводе от суммарной нагрузки:

$$\sum \frac{C_i}{[C]_i} \leq 1; \quad \frac{\sigma_{\text{сум}}}{[\sigma]} \leq 1,$$

где:

C_i – число циклов нагружения данного типа;

$[C]_i$ – допускаемое число циклов нагружения данного типа;

$\sigma_{\text{сум}}$ – суммарное эквивалентное напряжение от весовых нагрузок, самокомпенсации и внутреннего давления;

$[\sigma]$ – номинальное допускаемое напряжение.

2.7. При применении трубопроводов и их элементов в пенополиуретановой теплоизоляции (в ППУ-изоляции) срок службы определяется по ГОСТ 30732 и составляет при постоянной рабочей температуре теплоносителя:

120°C – 30 лет,

130°C – 9 лет,

140°C – 4 года,

150°C – 1 год.

Срок службы трубопроводов в ППМ-изоляции при 150°C составляет 30 лет, в АПБ – изоляции при 180°C – 30 лет.

2.8. Сильфоны всех типов компенсаторов относятся к группе неремонтируемых изделий. Сроки их службы и замены на новые устанавливаются ЗАО «Энергомаш (Белгород) – БЗЭМ» по:

а) содержанию хлоридов в транспортируемой среде: до 250 мг/л – 30 лет;

б) по назначенной наработке полных и неполных циклов в течение всего срока службы.

При этом нагружение может производиться по отношению к любому из промежуточных состояний компенсатора при условии, что общий ход не превышает названное значение амплитуды.

2.9. При назначении сроков службы компенсаторов следует также учитывать климатологические данные, вид прокладки и конструктивные особенности компенсаторов:

– при установке **компенсаторов**:

на открытом воздухе в местностях с расчетной температурой наружного воздуха для проектирования отопления выше -40°C, и в местах, доступных для постоянного визуального осмотра: в производственных помещениях, в гидроизолированных камерах непроходных каналов, в проходных и полупроходных каналах, срок службы независимо от климатических условий может назначаться до 30 лет;

в производственных помещениях, камерах непроходных каналов, в проходных и полупроходных каналах при отсутствии грунтовых и других коррозионноактивных вод срок службы устанавливается независимо от климатических условий до 30 лет;

- при установке **стартовых компенсаторов**:

на трубопроводах, прокладываемых бесканально, срок службы устанавливается независимо от климатических условий до 30 лет.

2.10. Для компенсаторов, разработанных и изготовленных другими предприятиями по другим техническим условиям, необходима разработка других Руководящих Документов, соответствующих их конструктивным особенностям, применяемым материалам и технологии изготовления.

2.11. Условное обозначение компенсаторов ЗАО «Энергомаш (Белгород) – БЗЭМ» состоит из букв и численных значений основных параметров.

Пример записи обозначения универсального компенсатора с условным проходом Ду 350, условным давлением $P_y=1,6$ МПа, расчетной температурой $t=510^\circ\text{C}$, осевым перемещением (О) ± 20 мм, сдвиговым перемещением (С) 25 мм, углом поворота (У) $\pm 2^\circ$, концевыми элементами – фланцем (Ф) и патрубком (П):

СК 350-1,6-510/О ± 20 /С25/У ± 2 /ФП TV 3113-004-14946399-2010

С – сильфон;

СК – компенсатор универсальный;

СКО – компенсатор осевой;

СКУ – компенсатор угловой;

СКК – компенсатор карданный;

СКС – компенсатор сдвиговой;

СКР – компенсатор разгруженный;

СКСТ – компенсатор стартовый;

УКО – устройство компенсационное осевое;

2УКО – устройство компенсационное осевое сдвоенное;

УКОУ – устройство компенсационное осевое усиленное;

2УКОУ – устройство компенсационное осевое усиленное сдвоенное.

2.12. Компенсатор **СКО** при наличии защиты сильфонов от загрязнения и механических повреждений и компенсаторы **УКО**, **2УКО**, **УКОУ**, **2УКОУ** (**осевые компенсаторы**) предназначены для компенсации температурных деформаций трубопроводов при всех видах надземной и подземной прокладки тепловых сетей, **СКСТ** предназначены для бесканальной прокладки.

2.12.1. Предельно допустимые параметры транспортируемой среды для тепловых сетей:

Температура:		- 200°C ;
Давление:	условное	- до 2,5 МПа;
	рабочее	- до 2,5 МПа;
	пробное	- до 3,15 МПа.

2.12.2. Компенсаторы могут применяться в районах с расчетной температурой наружного воздуха не ниже минус 50°C и сейсмичностью не более 9 баллов по шкале Рихтера.

2.12.3. При заказе и применении **осевых и стартовых компенсаторов** следует руководствоваться требованиями, изложенным в технических условиях ЗАО «Энергомаш (Белгород) – БЗЭМ»: TV 3113-007-89676552-2010 «Компенсаторы сильфонные многослойные металлические».

2.12.4. **Осевые и стартовые компенсаторы** в соответствии с ПБ 10-573-03 должны испытываться на предприятии-изготовителе на прочность пробным ($P_{пр}$) давлением, равным $1,25 P_y$.

2.12.5. Теплоизоляционное и гидрозащитное покрытия **осевых компенсаторов** при их бескамерной установке должны быть выполнены из того же материала, что и для основных труб. Минимальная толщина теплоизоляционного слоя не должна быть меньше 50% толщины изоляционного слоя основной трубы и в любом случае не должна быть меньше 15 мм.

2.12.6. При проектировании систем централизованного теплоснабжения, определении оптимальной конфигурации разветвленных схем тепловых сетей, расчете максимально допустимой заданным уровнем надежности, протяженности нерезервированных и тупиковых участков (по методике Пермского Государственного Технического Университета и ОАО «Объединение ВНИПИЭнергопром») следует учитывать следующие количественные показатели надежности конструкции **осевых и стартовых компенсаторов**:

- вероятность безотказной работы на уровне 0,95;
- готовность к нормальной работе на уровне 0,999.

2.12.7. Конструкции **осевых компенсаторов** заказываемых для трубопроводов тепловых сетей отвечают

требованиям живучести (ГОСТ 27.002-89) и способны противостоять разрушению при критических отказах, связанных с вынужденным опорожнением трубопроводов в периоды нерасчетного понижения температуры наружного воздуха.

2.12.8. При строительстве тепловых сетей с **осевыми и стартовыми компенсаторами**, а также для изготовления присоединительных и переходных патрубков, рекомендуется применять те же стальные трубы, что и для трубопроводов, отвечающие требованиям «Правил устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды» (ПБ 10-573-03) Госгортехнадзора России и СНиП 41-02-2003 «Тепловые сети».

2.12.9. Основные механические свойства металла труб, минимальная толщина стенки труб, смещение кромок заводских сварных швов труб применяемых для тепловых сетей и присоединительных патрубков **осевых и стартовых компенсаторов** должны соответствовать данным материала применяемого по ПБ 10-573-03.

2.12.10. Детали трубопроводов (отводы, переходы, тройники, штуцеры и др.) принимаются по серии 5.903-13 «Изделия и детали трубопроводов тепловых сетей».

2.12.11. Для изготовления патрубков **осевых и стартовых компенсаторов** применяются электросварные прямошовные и бесшовные трубы в регионах с расчетной температурой наружного воздуха для проектирования отопления:

до минус 30°C - из стали марок: ст.10, ст.20, ст3сп5,

до минус 40°C - из стали 17ГС,

до минус 50°C - из стали 09Г2С,

до минус 70°C - из стали 09Г2С по ГОСТ 5520.

2.12.12. Предельный минусовый допуск в зависимости от толщины стенки (s), отклонение по наружному диаметру D_n и допустимая овальность труб патрубков должны соответствовать данным материала применяемого по ПБ 10-573-03.

2.12.13. При применении труб, либо материала для изготовления труб (вальцованная обечайка) отсутствующих в «Правилах устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды» (ПБ 10-573-03), следует получить разрешение Ростехнадзора на основании положительного заключения ОАО НПОЦНИИТ-МАШ.

2.12.14. Все отступления от «Правил устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды» (ПБ 10-573-03) должны быть дополнительно согласованы с Ростехнадзором.

3. Технические данные изготовления компенсаторов

3.1. Основные параметры и характеристики.

3.1.1. Компенсаторы должны соответствовать требованиям ТУ 3113-007-89676552-2010 и комплекта конструкторской документации, утвержденных в установленном порядке.

3.1.2. Компенсаторы относятся к неремонтируемым изделиям.

3.1.3. Основные параметры и размеры компенсаторов должны соответствовать указанным в таблицах 1-20 Приложения. Максимальные предельные отклонения строительной длины компенсатора ± 5 мм, двоярного компенсатора ± 10 мм.

3.1.4. Условные проходы (D_y) – по ГОСТ 27036.

3.1.5. Условные давления (P_y) – по п. 5 ГОСТ 356.

3.1.6. Присоединительные размеры концевой арматуры под приварку по ГОСТ 10704, ГОСТ 8732, фланцев по ГОСТ 12820. Допускается выполнение концевой (присоединительной) арматуры по размерам заказчика в соответствии с требованиями безопасности объекта применения компенсаторов.

3.1.7. Коэффициент местного сопротивления не более 0,2.

3.1.8. Класс герметичности компенсаторов IV по ПНАЭ Г-7-019, устанавливается в конструкторской документации.

3.1.9. Вероятность безотказной работы для назначенной наработки должна быть не менее 0,95.

3.1.10. Полный назначенный срок службы – 30 лет, если другой срок не оговорен в техническом задании, при условии что за указанный срок компенсатор не совершит количество циклов перемещения больше указанных в таблицах 1-20 Приложения, а содержание хлоридов в воде не превышает 250 мг/л.

3.1.11. Срок хранения компенсаторов до ввода в эксплуатацию с учетом требований к хранению изделий – 10 лет.

3.1.12. Жесткость компенсаторов должна соответствовать значениям, указанным в таблицах 1-20 Приложения. Допустимое верхнее отклонение жесткости компенсаторов плюс 30%, нижнее предельное отклонение не регламентируется.

3.1.13. Компенсаторы должны быть прочными при действии пробного давления $P_{пр}$, указанного в таблицах 13, 18, 19 Приложения, давления $P_{пр}=1,25 P_y$ для таблиц 1–12, 14–17, 20 Приложения.

3.1.14. Типы, характеристики и технические параметры компенсаторов для трубопроводов тепловых сетей, трубопроводов пара и горячей воды, технологических трубопроводов, сосудов, работающих под давлением, трубопроводов газотурбинных электростанций (ГТ ТЭС), трубопровода в пределах котла приведены в таблицах 1–20 Приложения.

3.1.15. **Геометрические размеры и характеристики компенсаторов могут быть выполнены по параметрам заказчика в соответствии с требованиями безопасности объекта применения компенсаторов.**

3.2 .Требования к изготовлению

3.2.1. Конструктивное исполнение компенсаторов приведено на рисунках 1–20 Приложения.

3.2.2. Компенсаторы должны изготавливаться по технологической документации, обеспечивающей качество изделий в соответствии с требованиями рабочих чертежей, технических условий ТУ 3113-007-89676552-2010, а также в соответствии с Правилами устройства и безопасной эксплуатации объекта применения компенсаторов.

3.2.3. Для изготовления компенсаторов используются материалы указанные в таблице 1. Допускается использовать другие материалы разрешенные применяемыми Правилами.

3.2.4. Допускается использование зарубежных аналогов стали допустимость применения которых подтверждена специализированной организацией и Ростехнадзором.

3.2.5. Сварочные материалы должны применяться в зависимости от марок сталей, видов сварки и должны соответствовать требованиям нормативно-технической документации.

3.2.6. Все материалы и комплектующие изделия, применяемые при изготовлении компенсаторов, должны иметь документ предприятия-изготовителя, подтверждающий соответствие их требованиям стандартам, технических условий.

3.2.7. Материалы, полуфабрикаты и комплектующие изделия должны допускаться в производство только после проведения входного контроля качества продукции в соответствии с требованиями ГОСТ 24297-87.

3.2.8. Шероховатость поверхностей должна соответствовать требованиям рабочих чертежей, технических условий на материалы и комплектующие изделия.

3.2.9. Вершины и впадины гофр должны быть с четко выраженным радиусом. Радиусы вершин и впадины гофр обеспечиваются формовочной оснасткой (инструментом) и измерительному контролю не подлежат.

3.2.10. Конструкция компенсаторов должна обеспечивать работоспособность, надежность и безопасность их эксплуатации в течение срока службы (количества циклов), который должен быть указан в Паспорте на компенсаторы.

3.2.11. Компенсаторы в процессе эксплуатации должны быть прочными и обеспечивать перемещения, предусмотренные ТУ 3113-007-89676552-2010 при значениях амплитуд, приведенных в таблицах 1–20 Приложения.

3.2.12. Изготовление компенсаторов должно проводиться при температуре окружающего воздуха 15–33°C.

3.2.13. Масса компенсаторов указана в конструкторской документации на изделие. Допустимое отклонение массы от указанных значений - 5% по ГОСТ Р 51571-2000.

3.3. Методы контроля

3.3.1. Испытания компенсаторов проводятся в помещении при температуре от 283 до 303 К (от 10 до 30°C).

3.3.2. Испытания компенсаторов на прочность производятся пробным гидравлическим давлением, значение которого для заданного условного давления по п. 3.1.13, или в соответствии с технической документацией согласованной с заказчиком. Требования к проведению испытаний согласно ГОСТ 22161-76. В качестве испытательной среды используется питьевая вода по ГОСТ Р 51232-98.

3.3.3. Испытания компенсаторов на герметичность должны проводиться в соответствии с требованиями конструкторской документации. Пороговая чувствительность систем контроля герметичности в зависимости от давления - в соответствии с требованиями п. 3.7.3. ГОСТ 28697-90.

3.3.4. Испытания по подтверждению вероятности безотказной работы (ВБР) компенсаторов проводятся в соответствии с ГОСТ 28697-90. Испытания производятся при внутреннем давлении, равном P_y .

3.3.5. Подтверждение ВБР должно проводиться испытательной наработкой $N_{и}$, численное значение которой не должно быть менее 1,15 от численного значения назначенной наработки N_H при числе отказов, равном нулю; $N_{и} \geq 1,15 N_H$.

3.3.6. По требованию заказчика проводятся испытания на вибропрочность и ударостойкость по ГОСТ 28697-90.

3.3.7. Контроль сварных швов выполняется в соответствии с требованиями конструкторско-технологической документацией на компенсатор.

3.3.8. Проверка массы выполняется путем взвешивания компенсаторов на весах по ГОСТ 29329, класс 3.

Таблица 1

Наименование деталей	Марка стали	НД, устанавливающий требования к химическому составу	Вид полуфабриката	НД, устанавливающий технические требования к полуфабрикату
Изделия, подведомственные Правилам Ростехнадзора ПБ 10-573-03, ПБ 03-585-03, ПБ 03-576-03				
Сильфон	08Х18Н10Т, 12Х18Н10Т, 10Х17Н13М2Т, 08Х17Н13М2Т, 08Х18Н10, 12Х18Н9, ХНЗ2Т	ГОСТ 5632-72	Листы, листы в рулонах, лента	ТУ 0993-038-00212179-2009 ГОСТ 5582-75
Концевая арматура (фланцы, переходы, патрубки), пластины, опорные кольца	08Х18Н10Т	ГОСТ 5632-72	Листы	ГОСТ 7350-77
			Трубы	ТУ 14-ЗР-197-2001
	08Х18Н10 08Х18Н10Т 12Х18Н10Т 10Х17Н13М2Т	ГОСТ 5632-72	Листы	ТУ 0993-038-00212179-2009
			Трубы	ГОСТ 9940-81 ГОСТ 9941-81
	Сталь 20	ГОСТ 1050-88	Листы	ГОСТ 1577-93
		ТУ 14-ЗР-55-2001 ТУ 14-З-190-2004	Трубы	ТУ 14-ЗР-55-2001 ТУ 14-З-190-2004
	09Г2С	ТУ 14-З-190-2004	Трубы	ТУ 14-З-190-2004
	Сталь 20, 15ГС,16ГС	ОСТ 108.030.113-87	Поковки	ОСТ 108.030.113-87
	09Г2С	ГОСТ 5520-79	Листы	ГОСТ 5520-79
	09Г2С	ГОСТ 19281-89		ГОСТ 19281-89
Ст3сп	ГОСТ 380-94	ГОСТ 14637-89		
20К	ГОСТ 5520-79	ГОСТ 5520-79		
Изделия не подведомственные Правилам Ростехнадзора				
Направляющий патрубок	08Х18Н10Т, 08Х18Н10, 12Х18Н10Т, 12Х18Н9	ГОСТ 5632-72	Листы	ГОСТ 7350-77
	Сталь 20	ГОСТ 1050-88		ГОСТ 1577-93
	09Г2С	ГОСТ 19281-89		ГОСТ 19281-89
	Ст3сп	ГОСТ 380-84		ГОСТ 14637-89
Кожух	08Х18Н10Т, 08Х18Н10, 12Х18Н10Т, 12Х18Н9	ГОСТ 5632-72		ГОСТ 7350-77
	Сталь 20	ГОСТ 1050-88		ГОСТ 1577-93
	09Г2С	ГОСТ 19281-89		ГОСТ 19281-89
	Ст3сп	ГОСТ 380-94		ГОСТ 14637-89
Бирка	08Х18Н10Т	ГОСТ 5632-72		ГОСТ 5582-75
	Сталь 20	ГОСТ 1050-88		ГОСТ 16523-97
	Ст3сп	ГОСТ 380-94		

3.3.9. Качество окраски контролируется визуально. Контроль толщины покрытия производить толщиномером. Отслоение, подтеки, неравномерная окраска не допускаются.

3.4. Комплектность

3.4.1. В комплект поставки входят:

- компенсатор;
- Паспорт (сертификат качества);
- габаритный чертеж;
- товаросопроводительная документация;
- Руководство по монтажу и эксплуатации.

3.4.2. Паспорт должен быть заверен подписью начальника ОТК и штампом ОТК.

3.5. Маркировка

3.5.1. Маркировка на компенсаторах должна быть выполнена в местах, указанных в рабочих чертежах. Маркировка должна содержать:

- товарный знак завода-изготовителя;
- номер заказа;
- обозначение чертежа;
- номер по порядку;
- давление расчетное;
- давление пробное;
- температура расчетная;
- «Сделано в России»;
- ТУ на изделие;
- клеймо окончательной приемки;
- год изготовления.

Маркировка, кроме клейма окончательной приемки (клеймо ОТК), наносится гравировально-фрезерным способом на табличке, которая крепится контактной сваркой к компенсатору. Клеймо ОТК наносится ударным способом на табличке.

3.5.2. На каждом отгрузочном месте (поддоне, ящике, пакете, связке) должна наноситься транспортная маркировка. По своему содержанию, манипуляционным знакам, месту и способу нанесения транспортная маркировка должна соответствовать требованиям ГОСТ 14192-96.

4. Методика проектирования

4.1. Общие положения

4.1.1. В настоящем РД приведены только те нормы и правила проектирования, которые непосредственно связаны с особенностями применения данных компенсаторов (таблицы 1-20 Приложения) в проектировании трубопроводов.

4.1.2. При проектировании трубопроводов, с применением компенсаторов, указанных в таблицах 1-20 Приложения, необходимо учитывать требования руководящих документов, под ведомство которых попадает трубопровод. Основными документами являются:

- ПБ 03-585-03 «Правила устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов»;
- ПБ 10-573-03 «Правила устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды»;
- ПБ 03-576-03 «Правилам устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением»;
- РД 10-249-98 «Нормы расчета на прочность стационарных котлов и трубопроводов пара и горячей воды»;
- РД 10-400-01 «Нормы расчета на прочность трубопроводов тепловых сетей»;
- СА 03-003-07 «Технологические трубопроводы»;
- СНиП 2.05.06-85 «Магистральные трубопроводы»;
- РТМ 38.001-94 «Указания по расчету на прочность и вибрацию технологических стальных трубопроводов»;
- СНиП 41-02-2003 «Тепловые сети»;
- СНиП 2.04.01-85 «Внутренний водопровод и канализация зданий»;
- СП 41-105-2002 «Проектирование и строительство тепловых сетей бесканальной прокладки из стальных труб с промышленной тепловой изоляцией и пенополиуретана в полиэтиленовой оболочке»;
- Настоящий РД;
- И другие документы, попадающие под ведомство трубопроводов.

4.2. Порядок проектирования

Основными этапами проектирования трубопровода с использованием компенсаторов являются:

- 1) Анализ схемы трубопровода, (п.4.3);
- 2) Назначение компенсатора, (п.4.4);
- 3) Выбор типа компенсатора, (п.4.5);
- 4) Размещение компенсатора, (п.4.6);
- 5) Расстановка промежуточных опор, (п.4.7);
- 6) Расчет нагрузок на опоры, (п.4.8);
- 7) Расчет трубопровода на прочность и самокомпенсацию; (непосредственно в этой главе нужно сослаться на выше перечисленные документы п. 4.1.2), (п.4.9);
- 8) Заключение об использовании компенсатора, (п.4.10).

4.3. Анализ схемы трубопровода

При анализе трубопровода необходимо:

- а) Предварительно определить расположение мертвых опор.
- б) Разложить трубопровод на простые конфигурации. Любые системы трубопроводов, независимо от их сложности, посредством мертвых опор могут быть поделены на ряд отдельных расширяющихся трубопроводных секций, имеющих относительно простую конфигурацию (например: прямые участки, «L»-образные изгибы, «Z»-образные изгибы и т.п.). Простая секция может быть расположена как в одной плоскости, так и в нескольких плоскостях.
- в) Выбор количества мертвых опор и их расположения будет зависеть от конфигурации трубопровода, значения расширения, которое может взять на себя отдельный компенсатор расширения, наличия конструктивных элементов, которые могут быть использованы в качестве опор, расположения различных трубных фитингов, расположения подключенного оборудования, расположения отводов и т.д.
- г) Основные части подключенного оборудования, такие, как турбины, компрессоры, теплообменники и аналогичные устройства, могут рассматриваться, как неподвижная опора.

4.4. Назначение компенсатора

На этом этапе определяется то, какую задачу будет выполнять компенсатор. Существуют две основные задачи:

- 1) Компенсация температурных расширений. Она включает в себя и снижение напряжений в элементах трубопроводов.
- 2) Снижение нагрузок на оборудование и строительные конструкции. Для этого необходимо использовать компенсаторы разгруженного типа.

Компенсация температурных расширений	Снижение нагрузок
Подходят все компенсаторы (таблицы 1-20 Приложения)	Компенсаторы разгруженного типа: СКУ – таблица 14-15 СКК – таблица 16-17 СКС – таблица 18 СКР – таблица 19

4.5. Выбор типа компенсатора

На этом этапе должны быть рассмотрены относительные преимущества системы, использующей одиночные и двойные компенсаторы только для осевых перемещений, по сравнению с использованием универсальных, разгруженных, шарнирных и карданных компенсаторов.

Как правило, оборудование к которому присоединяется трубопровод, имеет допускаемый уровень передаваемых на него нагрузок, поэтому рекомендуется установка разгруженных компенсаторов в непосредственной близости от присоединяемого оборудования. Обычно представляется целесообразным начать с допущения о том, что использование одиночных разгруженных компенсаторов для прямых осевых перемещений обеспечит простейшую и наиболее экономичную схему, пока не будут видны очевидные преимущества другого подхода. После анализа преимущества использования тех или иных компенсаторов разрабатывается итоговая схема трубопровода. Уточняются места расположения мертвых опор и конфигурация простых участков трубопровода на основе пункта «Анализа схемы трубопровода». Окончательное решение по размещению неподвижных точек и типу используемого компенсатора может быть принято только после сравнения различных альтернативных решений.

4.6. Размещение компенсатора

Компенсатор размещается таким образом, чтобы максимально воспринимал деформации трубопровода. Не допускается использовать компенсаторы в качестве силового элемента трубопроводов. На рисунках 1-16 приведены стандартные секции трубопроводов, состоящие из простых конфигураций.

4.6.1. Схема установки осевых компенсаторов

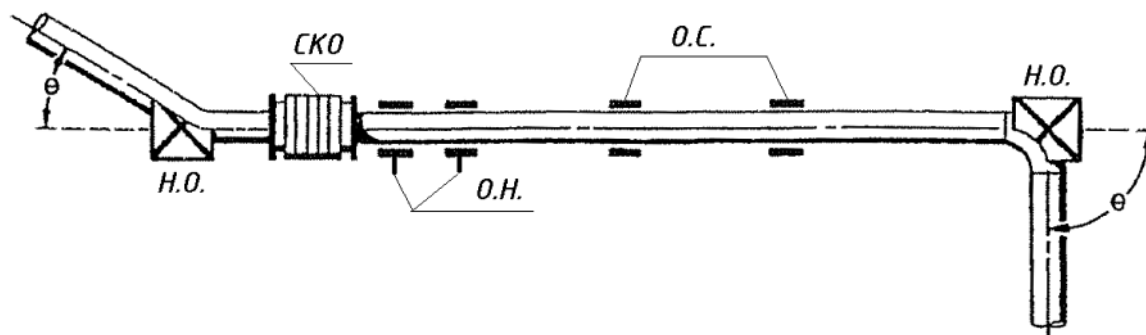


Рис. 1. Схема установки осевого компенсатора (СКО)

На рисунке 1 показан случай использования осевого компенсатора (**СКО**) для поглощения осевого расширения трубопровода. Необходимо обратить внимание на использование одного компенсатора между двумя основными неподвижными опорами, на близость первой направляющей опоры к компенсатору.

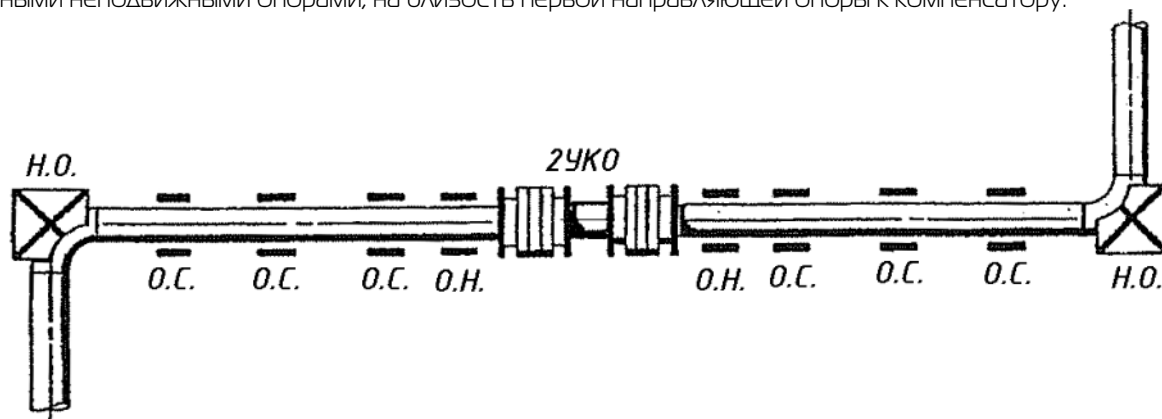


Рис. 2. Схема установки двойного компенсатора осевого (2УКО)

На рисунке 2 показан случай использования двойного компенсатора (**2УКО**) для поглощения осевого расширения трубопровода.

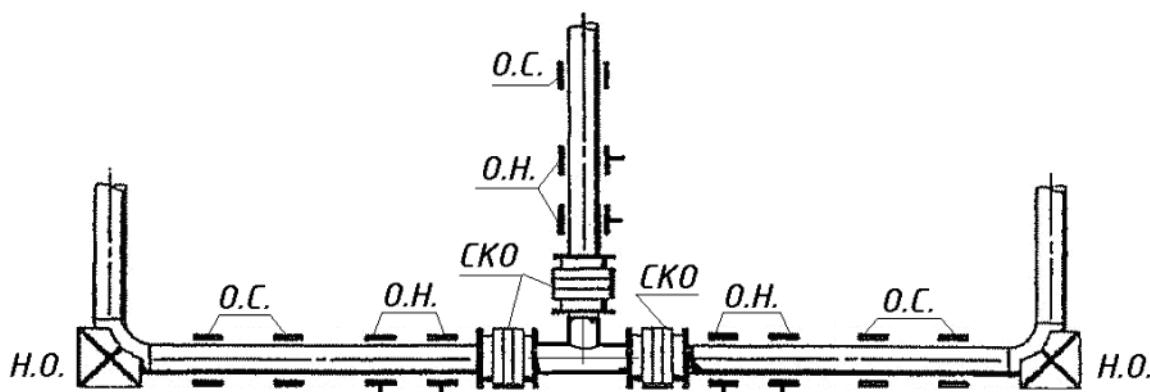


Рис. 3. Схема установки осевого компенсатора в тройниковом соединении

На рисунке 3 показан случай использования компенсатора (**СКО**) для поглощения осевого расширения трубопровода, имеющего тройник. Необходимо обратить внимание на близость каждого компенсатора расширения к тройнику.

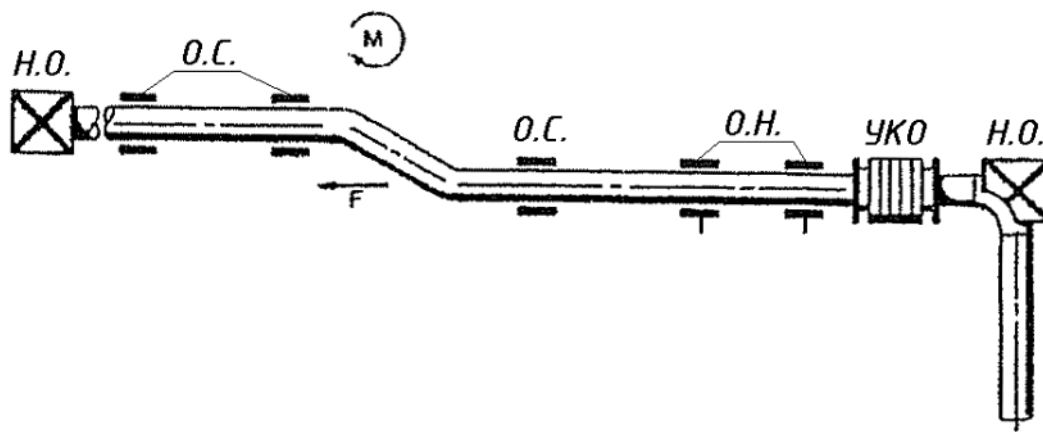


Рис. 4. Использование осевого компенсатора в непрямолинейных трубопроводах

На рисунке 4 показано применение осевого компенсатора (СКО) в трубопроводе, имеющем смещение. Необходимо отметить, что применение подобного типа обычно не рекомендуется, и будет работать удовлетворительно только в определенных случаях. Как и на рисунке 1, трубопровод снабжен неподвижными опорами на каждом конце, предназначенными для восприятия давления, нагрузок от перемещения и трения в направляющих. В том месте, где трубопровод имеет поворот, нагрузка должна передаваться через этот поворотный участок, приводя к возникновению момента на трубопроводе (не рекомендуется установка направляющих опор около поворота). При малом размере трубопровода, когда смещение заметно, или в случае, когда усилия от давления и перемещения относительно высоки, такая конфигурация может привести к возникновению перенапряжений или деформациям трубопровода и направляющих.

4.6.2 Универсальные компенсаторы (СК)

Универсальный компенсатор хорошо подходит для восприятия осевого, поперечного и углового отклонения или комбинации всех трех видов. Универсальный компенсатор передает распорное усилие от действия внутреннего давления.

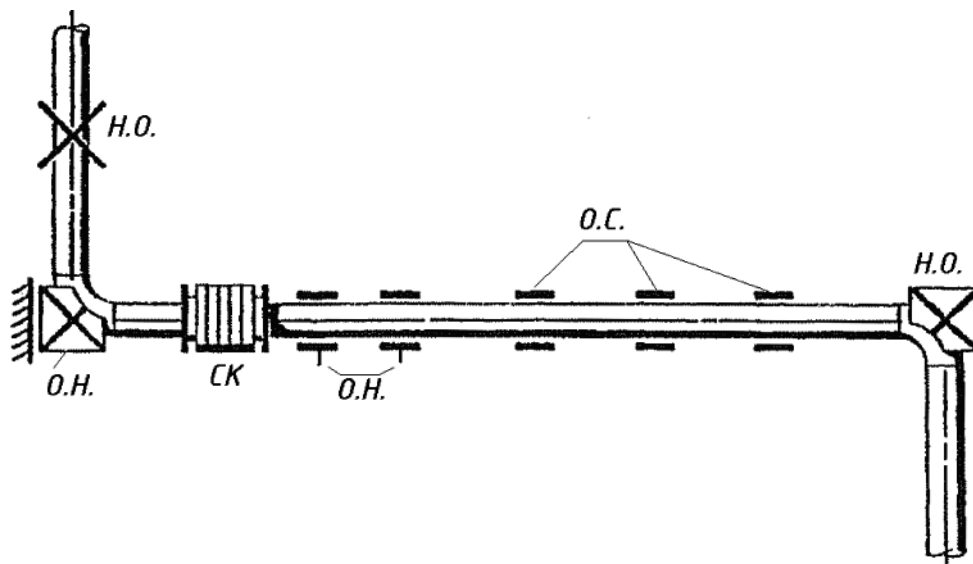


Рис. 5. Использование универсальных компенсаторов (СК)

На рисунке 5 показано применение универсального компенсатора, воспринимающего совместное осевое перемещение и поперечное отклонение. Система очень похожа на схему, приведенную для осевых компенсаторов.

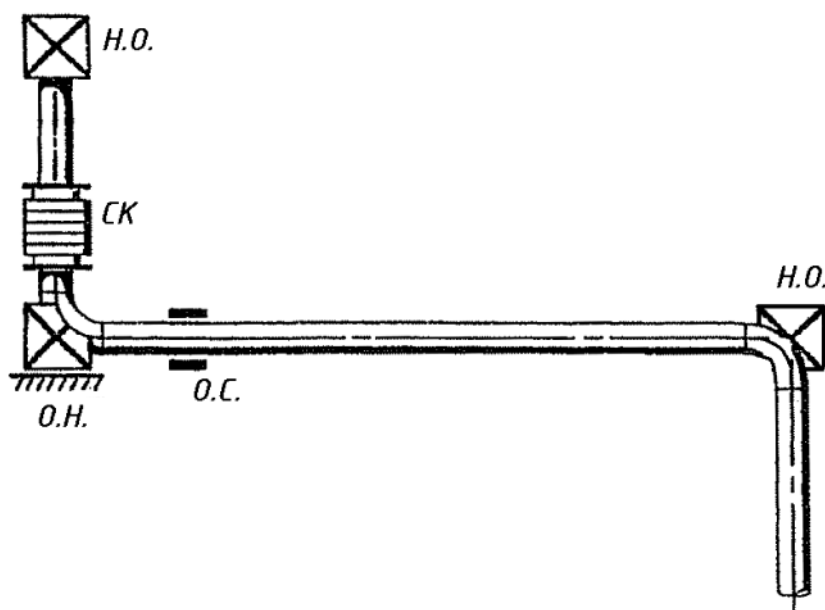


Рис. 6. Использование универсального компенсатора (СК)

На рисунке 6 показана альтернативная схема, при которой универсальный компенсатор устанавливается на коротком участке трубопровода и основное расширение воспринимается в форме поперечного отклонения, но он также воспринимает и угловые деформации.

4.6.3. Сдвиговые компенсаторы (СКС)

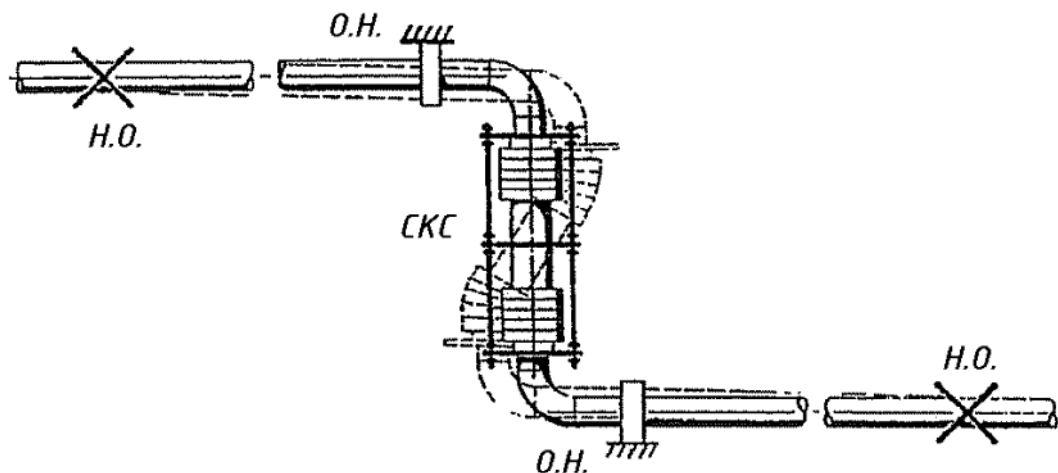


Рис. 7. Схема установки сдвигового компенсатора

На рисунке 7 показан сдвиговый компенсатор, используемый для поглощения поперечного отклонения в одноплоскостном «Z»-образном изгибе. Тепловое перемещение горизонтальных трубопроводов воспринимается в виде поперечного отклонения компенсатора.

Обе неподвижные опоры не воспринимают распорного усилия, поскольку нагрузка от давления воспринимается стяжками компенсатора.

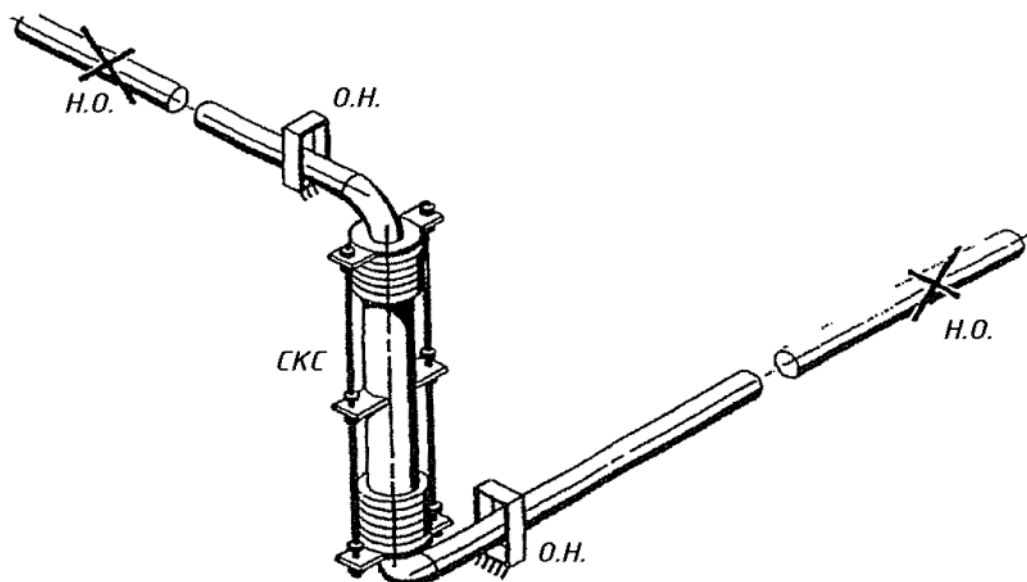


Рис. 8. Схема установки сдвигового компенсатора

На рисунке 8 показано типовое применение сдвигового компенсатора (СКС) в трехплоскостном «Z»-образном изгибе. Поскольку сдвиговый компенсатор может поглощать поперечное отклонение в любом направлении, два горизонтальных участка трубопровода могут лежать в горизонтальной плоскости под любым углом.

4.6.4. Угловые и карданные компенсаторы (СКУ, СКК)

Угловые и карданные компенсаторы обычно используются в наборах из двух или трех для поглощения поперечных отклонений в одном или более направлениях в одноплоскостных и в трехплоскостных системах трубопроводов. В одноплоскостных системах применяются угловые компенсаторы, в трехплоскостных и более, используются карданные компенсаторы. Эти компенсаторы не передают распорного усилия на трубопровод и оборудование. Эффективны на длинных вертикальных участках, где требуется компенсировать большие сдвиговые деформации.

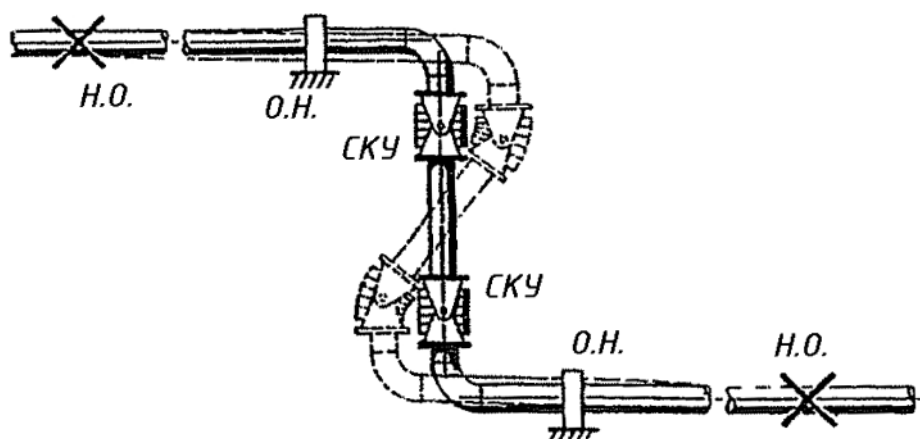


Рис. 9. Схема установки углового компенсатора (СКУ) в одноплоскостной системе

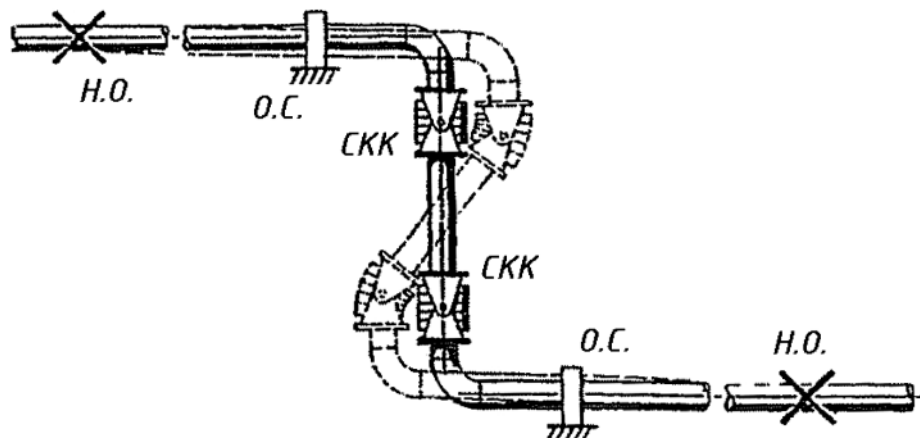


Рис. 10. Схема установки карданного компенсатора (СКК) в многоплоскостной системе

На рисунках 9, 10 показано использование двухшарнирной системы для поглощения основного теплового расширения в одноплоскостном и многоплоскостном «Z»-образном изгибе. Тепловое расширение смещенной секции, содержащей угловые компенсаторы, должно поглощаться за счет изгиба участков трубопровода, перпендикулярных этому сегменту.

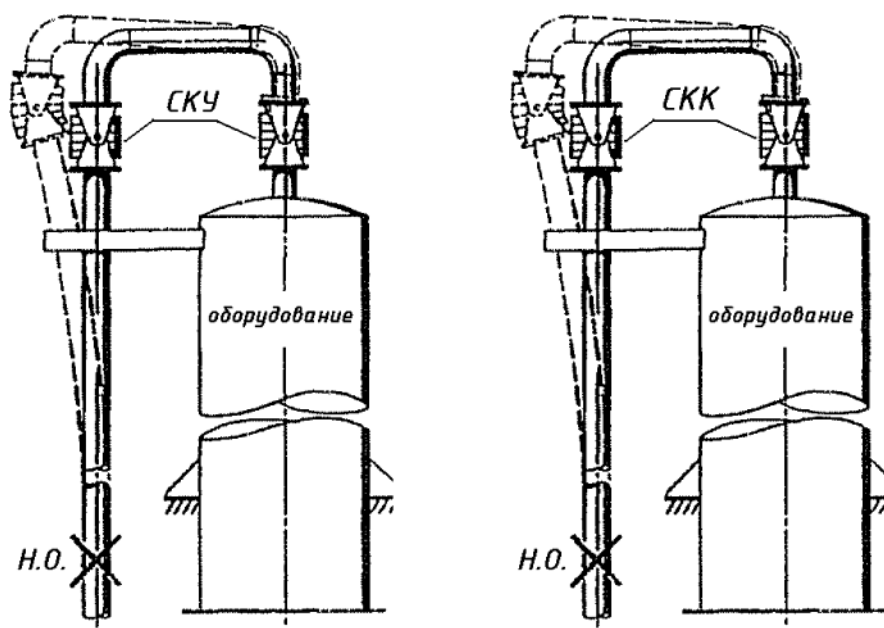


Рис. 11. Использование углового или карданного компенсатора с оборудованием

На рисунке 11 показана система с двухшарнирным угловым компенсатором, аналогичная схеме на рисунке 9, 10. В этом случае угловой компенсатор будет поглощать только разность вертикальных удлинений между сосудом и трубным стояком.

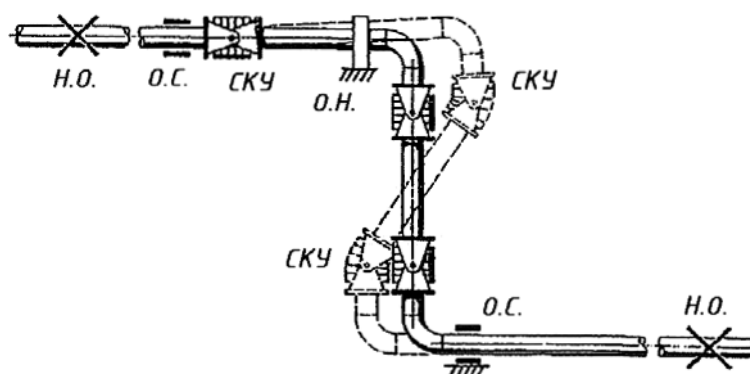


Рис. 12 а

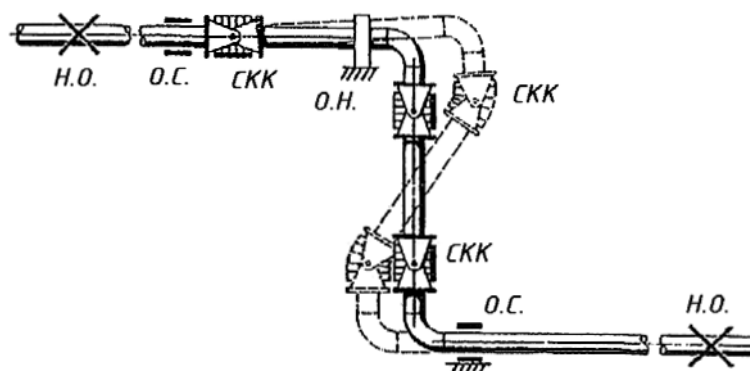


Рис. 12 б

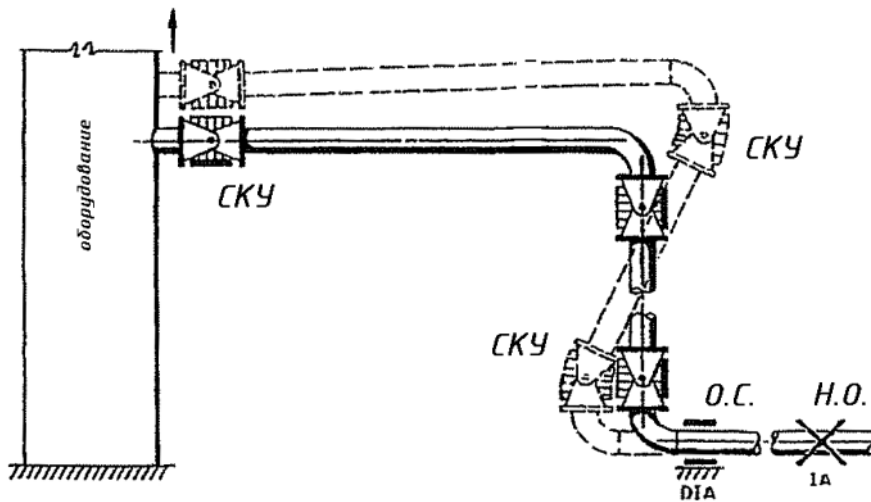


Рис. 12 в

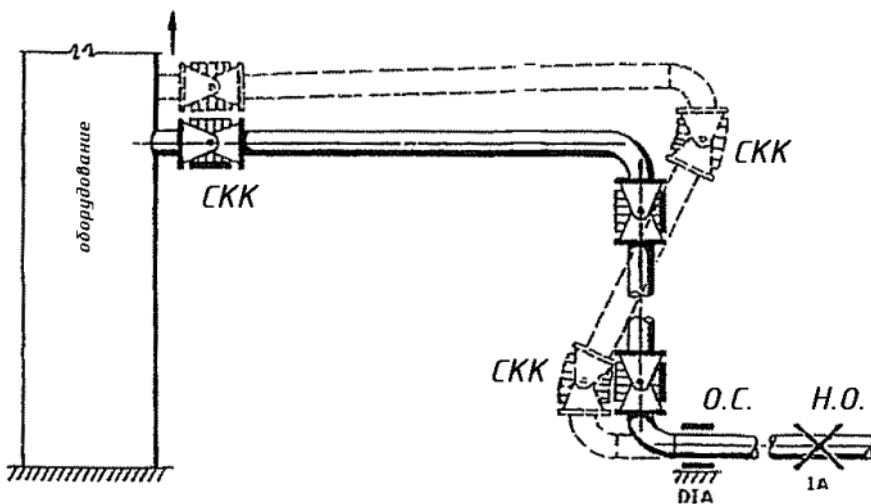


Рис. 12 г

На рисунке 12 показана система из трех шарнирных угловых и карданных компенсаторов, установленная в одноплоскостном и многоосном «Z»-образном изгибе. Тепловое расширение смещенной секции, содержащей угловые компенсаторы, поглощается за счет дополнительного третьего компенсатора, расположенного на горизонтальном участке трубопровода.

4.6.5. Разгруженные компенсаторы (СКР)

В случаях, когда нагрузка от давления (распорного усилия) на трубопровод или оборудование не допускается, применяют разгруженные компенсаторы (СКР). Их применение аналогично осевым компенсаторам (СКО) и универсальным (СК). Главным преимуществом конструкции является способность разгруженного компенсатора поглощать осевое перемещение без оказания на систему нагрузки от давления.

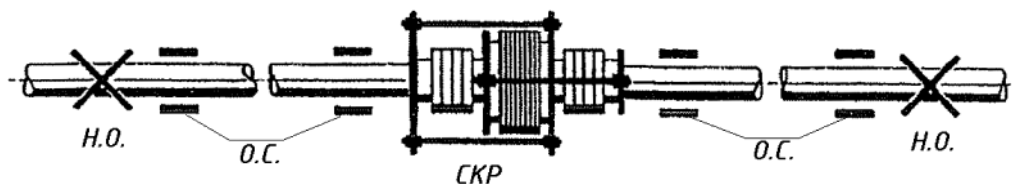


Рис. 13. Использование разгруженного компенсатора (СКР) на прямолинейных участках трубопровода

На рисунке 13 показано использование осевого разгруженного компенсатора, воспринимающего осевое перемещение трубопровода в случае длинного прямого трубопровода. При использовании такой схемы две неподвижные опоры не воспринимают нагрузки от давления и играют роль промежуточных. Поскольку трубопровод свободен от сжимающих нагрузок от давления. Возможно, компенсировать большие деформации, а, следовательно, использовать большие расстояния между неподвижными опорами.

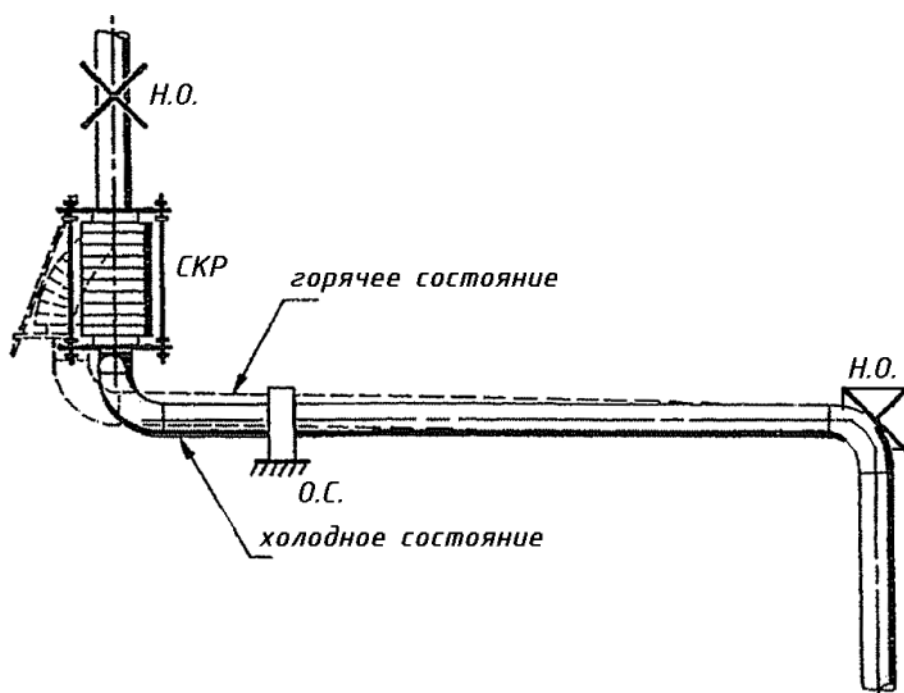


Рис. 14. Схема использования разгруженного компенсатора (СКР)

На рисунке 14 показана подобная схема как на рисунках 5, 6, но при использовании разгруженного компенсатора, воспринимающего осевые, сдвиговые и угловые деформации. Не передает распорного усилия на неподвижные опоры.

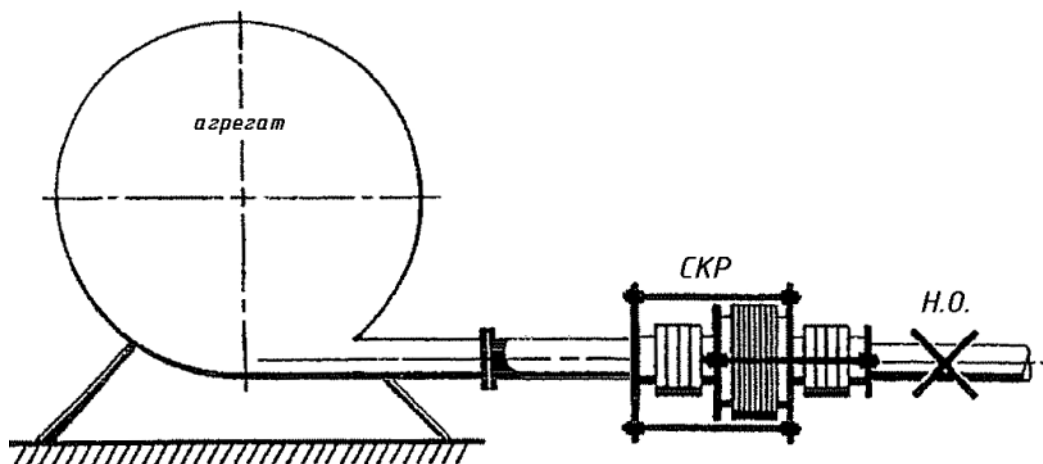


Рис. 15. Схема использование разгруженного компенсатора (СКР) перед оборудованием

На рисунке 15 показан типовой пример использования разгруженного компенсатора для восприятия теплового расширения оборудования, например, турбин, насосов, компрессоров и т.п. Основным назначением разгруженного компенсатора (СКР) является минимизация нагрузки на корпуса оборудования.

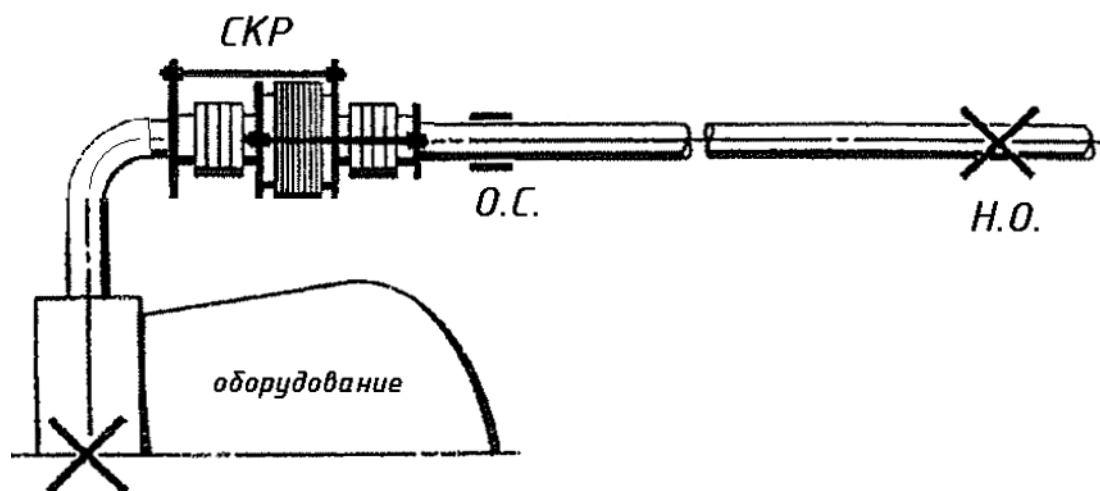


Рис. 16. Схема использования разгруженного компенсатора (СКР) с оборудованием

На рисунке 16 показано типовое применение разгруженного компенсатора для комбинации осевого перемещения, поперечного отклонения и угловых деформаций. Неподвижные опоры на конце трубопровода и на турбине не воспринимают распорного усилия.

Выбор и правильное применение осевых, сдвиговых, универсальных, угловых и карданных компенсаторов предусматривает оценку ряда показателей. К ним могут относиться конфигурация трубопровода, условия эксплуатации, требуемая циклическая долговечность, ограничения по нагрузке для трубопровода и оборудования, а также имеющиеся опорные конструкции. В некоторых случаях для трубопровода могут быть пригодны два, и более типов компенсаторов.

4.6.6. Неправильное использование компенсаторов.

На рисунке 17 показан пример **НЕПРАВИЛЬНОГО** использования компенсаторов. Не допускается использовать компенсаторы в качестве силового элемента трубопроводов.

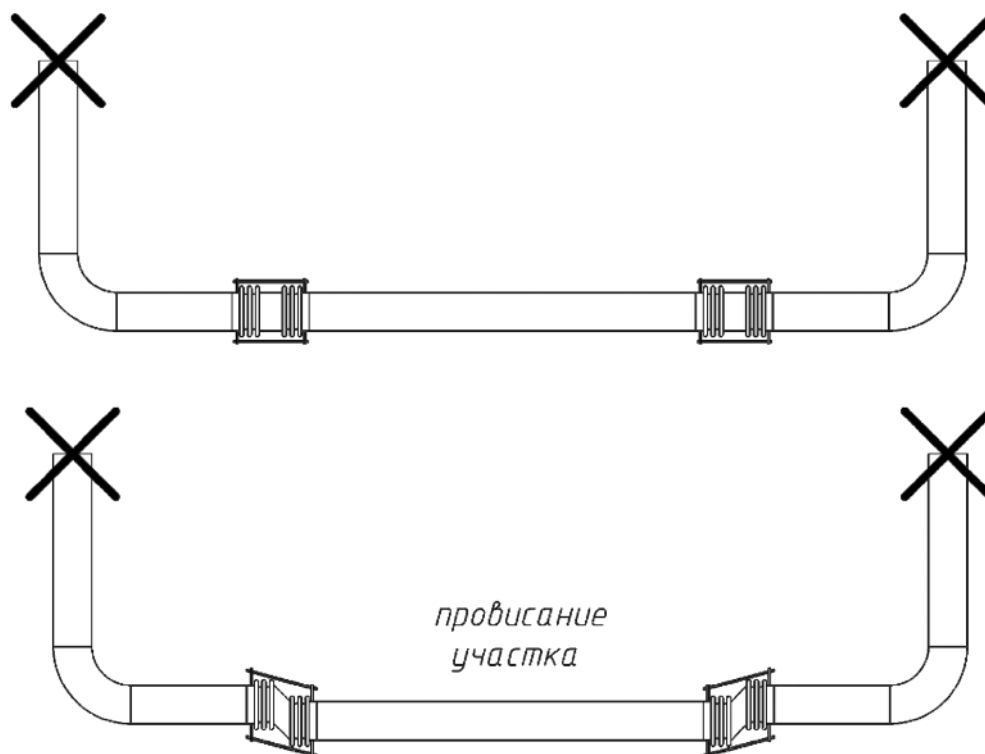


Рис. 17. Схема НЕПРАВИЛЬНОГО использования компенсаторов

Для простоты взят П-образный вертикальный участок трубопровода, заземленный с двух сторон неподвижными опорами. Между опорами установлены два сдвиговых компенсатора, дополнительные промежуточные опоры отсутствуют. Участок трубы, расположенный между сдвиговыми компенсаторами, держится только за счет жесткости компенсаторов. В данном примере сдвиговый компенсатор является силовым элементом, что не допускается. При большом диаметре трубопровода, наполненный водой, этот участок трубы может иметь значительную массу. Следовательно, все деформации компенсаторов будут идти на поддержание трубы, а не на восприятия температурных деформаций. При деформациях трубопровода превышающих допускаемые деформации произойдет выход из строя компенсатора.

4.6.7. Размещение стартовых компенсаторов СКСТ.

Между двумя неподвижными опорами трубопровода необходимо установить стартовый сильфонный компенсатор, после чего трубопровод заполняется теплоносителем и нагревается до температуры, равной 50% от максимальной рабочей. При этом стартовый компенсатор должен сжаться на величину рабочего хода. После выдержки при указанной температуре кожухи стартового компенсатора завариваются между собой. Тем самым, сильфон исключается из дальнейшей работы трубопровода. И так на всем трубопроводе между каждой парой неподвижных опор. Компенсация температурных расширений в дальнейшем происходит за счет знакопеременных осевых напряжений сжатия–растяжения. Таким образом, стартовые компенсаторы срабатывают один раз, после чего система превращается в неразрезную.

4.7. Расстановка промежуточных опор.

Компенсаторы размещаются между двумя неподвижными опорами или естественно неподвижными сечениями трубы. Если применяются **осевые и стартовые компенсаторы**, то между двумя неподвижными опорами или естественно неподвижными сечениями трубы должен размещаться только один **осевой либо стартовый компенсатор**.

При применении **осевых компенсаторов** на трубопроводах при подземной прокладке в каналах, туннелях, камерах, надземной прокладке и в помещениях установка направляющих опор обязательна.

Первые направляющие опоры устанавливаются с двух сторон компенсатора на расстоянии $2D_y \div 4D_y$. Вторые предусматриваются с каждой стороны на расстоянии $14D_y \div 16D_y$ от компенсатора. Число и необходимость установки вторых и последующих направляющих опор определяются при проектировании.

При применении компенсаторов типа **УКО, 2УКО, УКОУ, 2УКОУ** на трубопроводах при подземной прокладке в каналах, туннелях и камерах, а также при надземной прокладке и в помещениях, установка первой пары направляющих опор на расстоянии $2D_y \div 4D_y$ не требуются так как они предусмотрены конструкцией, но обязательно установка направляющих опор на расстоянии $14D_y \div 16D_y$ от компенсатора.

При размещении **осевых компенсаторов** у неподвижной опоры, компенсатор устанавливается на расстоянии $2D_y \div 4D_y$ от нее. В этом случае направляющие опоры для **осевых компенсаторов** устанавливаются только с одной стороны. С другой стороны их функцию выполняет неподвижная опора.

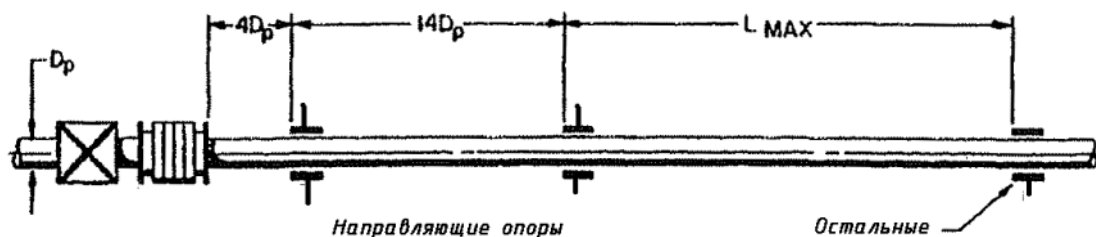


Рис. 18. Расстановка направляющих опор

В случае размещения осевых компенсаторов в камерах функции направляющих опор могут выполнять стенки камер со специальной конструкцией обвязки входного и выходного проемов камеры.

При выборе места размещения осевых компенсаторов должна быть обеспечена возможность сдвижки кожуха компенсатора в любую сторону на его полную длину.

4.8. Расчет нагрузок на опоры.

4.8.1. При определении нормативных нагрузок на опоры следует учитывать влияние следующих сил:

- распорного усилия сильфонных компенсаторов, F_s
- жесткости сильфонных компенсаторов, F_k
- усилия от трения в подвижных опорах на участках канальных и надземных прокладок, $F_{тр}$

Кроме того, следует учитывать в конкретных расчетных схемах трубопроводов:

- неуравновешенные силы внутреннего давления, F_n
- упругую деформацию гибких компенсаторов или самокомпенсации, F_x, F_y
- и другие усилия, определяемые нормативной документацией (ветровая, снеговая и т.д.)

4.8.2. В общем случае нагрузка на неподвижные опоры должна приниматься по наибольшей горизонтальной осевой и боковой нагрузке от сочетания сил, перечисленных в пункте 4.8.1, при любом рабочем режиме трубопровода, при гидравлических испытаниях.

4.8.3. Распорное усилие от внутреннего давления определяется по формуле:

$$F_s = P_{раб} \cdot S_{эф}, \text{ Н}$$

$P_{раб}$ - рабочее давление, МПа

$S_{эф}$ - эффективная площадь, мм²

При гидроиспытаниях:

$$F_s = 1,25 P_{раб} \cdot S_{эф}, \text{ Н (1,25 } P_{раб} \text{, либо требуемое значение гидроиспытания).}$$

4.8.4. Усилие, возникающее вследствие жесткости осевого хода сильфонного компенсатора F_k определяется:

$$F_k = k_\lambda \cdot \lambda, \text{ Н}$$

k_λ - жесткость компенсаторов, Н/мм

λ - деформации компенсатора, мм

4.8.5. Сила трения $F_{тр}$ в подвижных опорах определяется исходя из конкретной конфигурации трубопровода.

4.8.6. Суммарные горизонтальные осевые нагрузки на неподвижные опоры в рабочих режимах:

$$\Sigma F = F_p + F_{ж} + F_{тр}$$

4.8.7. При наличии на расчетных участках теплопроводов углов поворота или Z-образных участков в суммарных нагрузках на неподвижные опоры должны учитываться силы упругой деформации от этих участков [F_x и F_y], которые определяются расчетом труб на самокомпенсацию.

4.9. Расчет на самокомпенсацию.

Следующим этапом является расчет на самокомпенсацию, выполняя требования руководящих документов, под ведомство которых попадает трубопровод. В общем случае, проводится проверочный расчет, предусматривающий оценку статической и циклической прочности трубопровода. Оценка статической прочности проводят на действие несамоуравновешивающих нагрузок (вес и внутреннее давление) и с учетом всех нагружающих факторов, в том числе температурных деформаций. Определяются нагрузки на опоры, упругая линия трубопровода в рабочем состоянии, деформации компенсатора в различных состояниях трубопровода.

4.10. Заключение об использовании компенсатора.

Заключение об использовании компенсатора на определенном участке трубопровода, и его работоспособность, оценивается на основе комплексного анализа полученных результатов при расчете на самокомпенсацию. Сравниваются деформации компенсаторов, нагрузки на опоры и строительные конструкции с их допускаемыми значениями. Проверяется критерий прочности трубопровода. Заключение должно основываться на сравнении различных альтернативных решений.

4.11. Примерные расчеты сил и моментов, действующих от компенсатора, на системы трубопроводов.

В данном разделе приведены примеры расчета сил и моментов, действующих в различных точках типовых трубопроводных систем, вследствие приложения упругих сил и распорного усилия от компенсатора.

Исходные условия:

1) Создаваемые нагрузки на опоры от веса системы трубопроводов и проходящей по ней среды не учитываются.

2) Силы трения, вызываемые направляющими опорами и другим оборудованием, расположенным вне трубопровода, равны нулю.

3) Силы и моменты, возникающие вследствие гибкости трубы, не учитываются.

Все приведенные примеры описывают системы, в которых присутствует статическое равновесие.

$$\Sigma F_{x,y,z} = 0 \text{ и } \Sigma M_{x,y,z} = 0.$$

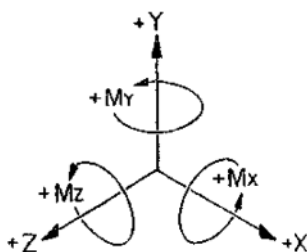


Рис. 19. Система координат в примерах

Пример №1

Одиночный сильфонный компенсатор подвергается осевому перемещению. Прямой участок трубы из углеродистой стали диаметром 219 мм и длиной $l=20$ м, зашпелен с обеих сторон мертвыми опорами. Трубопровод должен эксплуатироваться при давлении 1,6 МПа и рабочей температурой $T_{раб}=150^{\circ}\text{C}$. Температура монтажа $T_{мон}=10^{\circ}\text{C}$. Коэффициент линейного расширения материала $\alpha=12,2 \cdot 10^{-6} \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$.

Данные предоставляемые изготовителем компенсатора:

$S_{эф}=45400 \text{ мм}^2$, эффективная площадь.

$\lambda_{ос}=280 \text{ Н/мм}$, осевая жесткость.

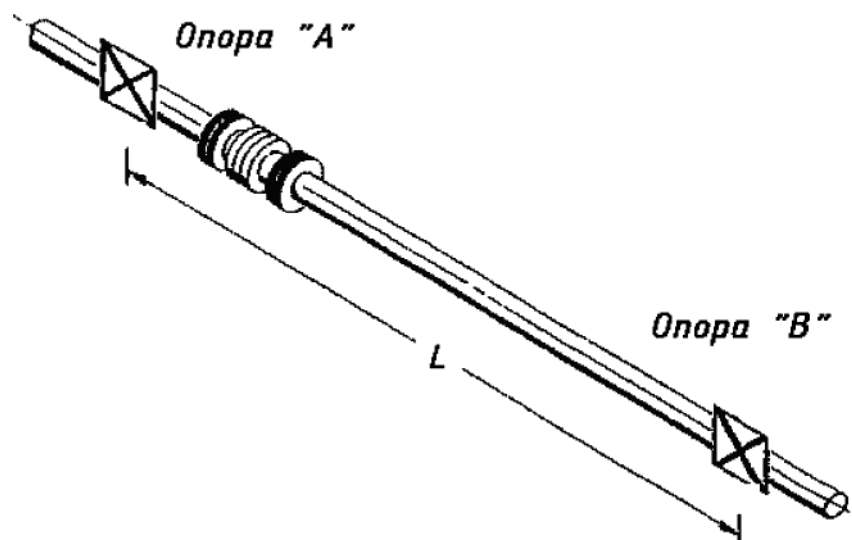


Рис. 20. Расчетная схема примера 1

Решение.

Температурные расширения трубопровода:

$$\Delta l = \alpha \cdot l (T_{раб} - T_{мон})$$

$$\Delta l = 12,2 \cdot 10^{-6} \cdot 20 \cdot 1000 (150 - 10) = 34,16 \text{ мм}$$

Максимальные деформации компенсатора:

$$\text{Осевые сжимающие } \Delta l = 34,16 \text{ мм.}$$

Сила, действующая на опору «А» в системе координат обозначенной на рисунке 19.

$$F_A = -F_s - F_k$$

$$F_s = P_{раб} \cdot S_{эф} = 1,6 \cdot 45400 = 72640 \text{ Н}$$

$$F_k = \lambda_{ос} \cdot \Delta l = 280 \cdot 34,16 = 9564,8 \text{ Н}$$

$$F_A = -72640 - 9564,8 = -82204,8 \text{ Н}$$

Сила, действующая на опору «В».

$$F_B = F_s + F_k$$

$$F_B = 72640 + 9564,8 = 82204,8 \text{ Н}$$

ПРИМЕЧАНИЕ: Поскольку трубопровод является прямым и без изгибов, у мертвых опор F_y , F_z , M_x , M_y , $M_z = 0$.

Пример №2

Универсальный компенсатор, подвергается осевому и поперечному перемещению.

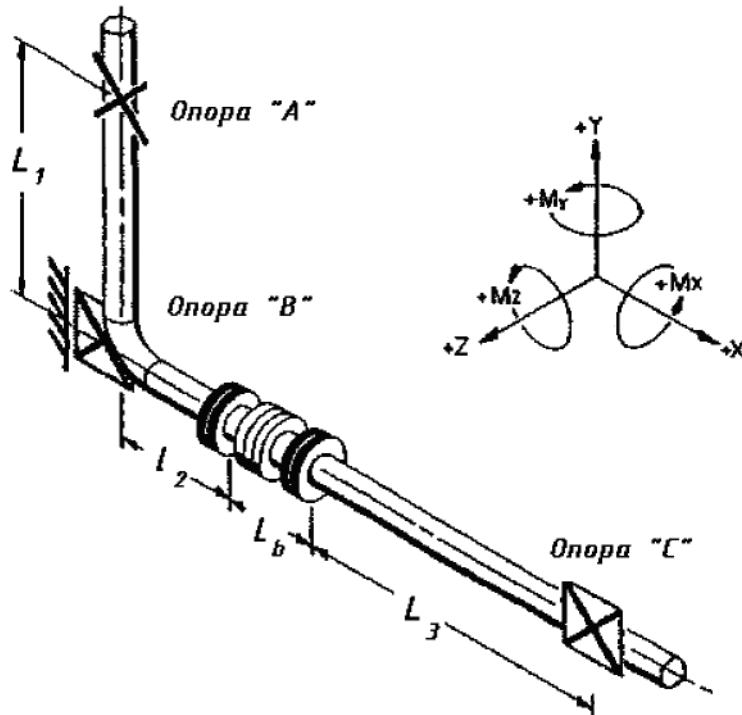


Рис. 21. Расчетная схема примера 2

Универсальный сильфонный компенсатор подвергается осевому и сдвиговому перемещению. Трубопровод выполнен из углеродистой стали диаметром 219 мм с длинами $L_1=5$ м, $L_2=3$ м, $L_b=0,5$ м, $L_3=3$ м. Зашемлен с концов мертвыми опорами «А» и «С» и имеет одну скользящую опору «В» ограничивающая перемещение в направлении X. Трубопровод должен эксплуатироваться при давлении 1,6 МПа и рабочей температурой $T_{раб}=150^\circ\text{C}$. Температура монтажа $T_{мон}=10^\circ\text{C}$. Коэффициент линейного расширения материала $\alpha=12,2 \cdot 10^{-6} \text{ } 1/^\circ\text{C}$.

Данные предоставляемые изготовителем компенсатора:

$S_{эф}=45400 \text{ мм}^2$, эффективная площадь.

$\lambda_{ос}=270 \text{ Н/мм}$, осевая жесткость.

$\lambda_{сдв}=670 \text{ Н/мм}$, сдвиговая жесткость.

Решение.

Температурные расширения трубопровода:

Сдвиговые перемещения, от расширения участка L_1

$$\Delta l_{сдв} = \alpha \cdot L_1 (T_{раб} - T_{мон})$$

$$\Delta l_{сдв} = 12,2 \cdot 10^{-6} \cdot 5 \cdot 1000 (150 - 10) = 8,54 \text{ мм}$$

Осевое перемещение, от расширения участков L_1 , L_2 , L_3 , L_b

$$\Delta l_{ос} = \alpha (L_2 + L_3 + L_b) (T_{раб} - T_{мон})$$

$$\Delta l_{ос} = 12,2 \cdot 10^{-6} (3 + 0,5 + 3) \cdot 1000 \cdot (150 - 10) = 11,1 \text{ мм}$$

Максимальные деформации компенсатора:

Осевые сжимающие $\Delta l_{ос} = 11,1 \text{ мм}$,

Сдвиговые $\Delta l_{сдв} = 8,54 \text{ мм}$

$$F_{k,ос} = \Delta l_{ос} \cdot \lambda_{ос} = 11,1 \cdot 270 = 2997 \text{ Н}$$

$$F_{k,сдв} = \Delta l_{сдв} \cdot \lambda_{сдв} = 8,54 \cdot 670 = 5742 \text{ Н}$$

$$F_s = P_{раб} \cdot S_{эф} = 1,6 \cdot 45400 = 72640 \text{ Н}$$

Силы, действующие на опору «В».

$$\begin{cases} F_{X,B} = -\frac{2(F_{k,oc} + F_S)L_1 - 3F_{k,cdв}(L_2 + L_b/2)}{2L_1} \\ F_{Y,B} = 0 \\ M_{Z,B} = 0 \end{cases}$$

$$F_{X,B} = -\frac{2(2997 + 72640) \cdot 5 - 3 \cdot 5742(3 + 0,5/2)}{2 \cdot 5} = -70039 \text{ Н}$$

Силы, действующие на опору «А».

$$\begin{cases} F_{X,A} = -((F_{k,oc} + F_S) - F_{X,B}) \\ F_{Y,A} = F_{k,cdв} \\ M_{Z,A} = F_{k,cdв}(L_2 + L_b/2) - (F_{k,oc} + F_S)L_1 + F_{X,B}L_1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} F_{X,A} = -((2997 + 72640) - 70039) = -5598 \text{ Н} \\ F_{Y,A} = 5742 \text{ Н} \\ M_{Z,A} = 5742(3 + 0,5/2) - (2997 + 72640) \cdot 5 + 70039 \cdot 5 = -9328,5 \text{ Н} \cdot \text{м} \end{cases}$$

Силы, действующие на опору «С».

$$\begin{cases} F_{X,A} = (F_{k,oc} + F_S) \\ F_{Y,A} = -F_{k,cdв} \\ M_{Z,A} = F_{k,cdв}(L_3 + L_b/2) \end{cases}$$

$$\begin{cases} F_{X,A} = (2997 + 72640) = 75637 \text{ Н} \\ F_{Y,A} = -5742 \text{ Н} \\ M_{Z,A} = 5742(3 + 0,5/2) = 18661,5 \text{ Н} \cdot \text{м} \end{cases}$$

Пример №3

Универсальный сильфонный компенсатор подвергается осевому и сдвиговому перемещению. Трубопровод выполнен из углеродистой стали диаметром 530 мм с длинами $L_1=1,5$ м, $L_2=3$ м, $L_b=0,8$ м, $L_3=7$ м. Зашемлен с концов мертвыми опорами «А» и «В». Трубопровод должен эксплуатироваться при давлении 1,6 МПа и рабочей температурой $T_{раб}=150^\circ\text{C}$. Температура монтажа $T_{мон}=10^\circ\text{C}$. Коэффициент линейного расширения материала $\alpha=12,2 \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$.

Данные предоставляемые изготовителем компенсатора:

$S_{эф}=244500 \text{ мм}^2$, эффективная площадь.

$\lambda_{oc}=1111 \text{ Н/мм}$, осевая жесткость.

$\lambda_{cdв}=1740 \text{ Н/мм}$, сдвиговая жесткость.

Решение.

Температурные расширения трубопровода:

Осевые перемещения, от расширения участка (L_1, L_2, L_b)

$$\Delta l_{oc} = \alpha(L_1 + L_2 + L_b)(T_{раб} - T_{мон})$$

$$\Delta l_{oc} = 12,2 \cdot 10^{-6}(1,5 + 3 + 0,8) \cdot 1000 \cdot (150 - 10) = 9,05 \text{ мм}$$

Сдвиговые перемещения, от расширения участка L_3

$$\Delta l_{cdв} = \alpha \cdot L_3(T_{раб} - T_{мон})$$

$$\Delta l_{cdв} = 12,2 \cdot 10^{-6} \cdot 7 \cdot 1000(150 - 10) = 11,96 \text{ мм}$$

Максимальные деформации компенсатора:

$$\begin{aligned} \text{Осевые сжимающие } \Delta l_{oc} &= 9,05 \text{ мм,} \\ \text{Сдвиговые } \Delta l_{cdв} &= 11,96 \text{ мм} \\ F_{k,oc} &= \Delta l_{oc} \cdot \lambda_{oc} = 9,05 \cdot 1111 = 10054,6 \text{ Н} \\ F_{k,cdв} &= \Delta l_{cdв} \cdot \lambda_{cdв} = 11,96 \cdot 1740 = 20810,4 \text{ Н} \\ F_s &= P_{раб} \cdot S_{эф} = 1,6 \cdot 244500 = 391200 \text{ Н} \end{aligned}$$

Силы, действующие на опору «А».

$$\begin{cases} F_{X,A} = -(F_s + F_{k,oc}) \\ F_{Y,A} = -F_{k,cdв} \\ M_{Z,A} = -F_{k,cdв} (L_1 + L_b/2) \end{cases}$$

$$\begin{cases} F_{X,A} = -(391200 + 10054,6) = -401254,6 \text{ Н} \\ F_{Y,A} = -20810,4 \text{ Н} \\ M_{Z,A} = -20810,4(1,5 + 0,8/2) = -39539,76 \text{ Н} \cdot \text{м} \end{cases}$$

Силы, действующие на опору «В».

$$\begin{cases} F_{X,B} = (F_s + F_{k,oc}) \\ F_{Y,B} = F_{k,cdв} \\ M_{Z,B} = -F_{k,cdв} (L_1 + L_b/2) + (F_s + F_{k,oc}) L_3 \end{cases}$$

$$\begin{cases} F_{X,B} = (391200 + 10054,6) = 401254,6 \text{ Н} \\ F_{Y,B} = 20810,4 \text{ Н} \\ M_{Z,B} = -20810,4(1,5 + 0,8/2) + 401254,6 \cdot 7 = 2769242 \text{ Н} \cdot \text{м} \end{cases}$$

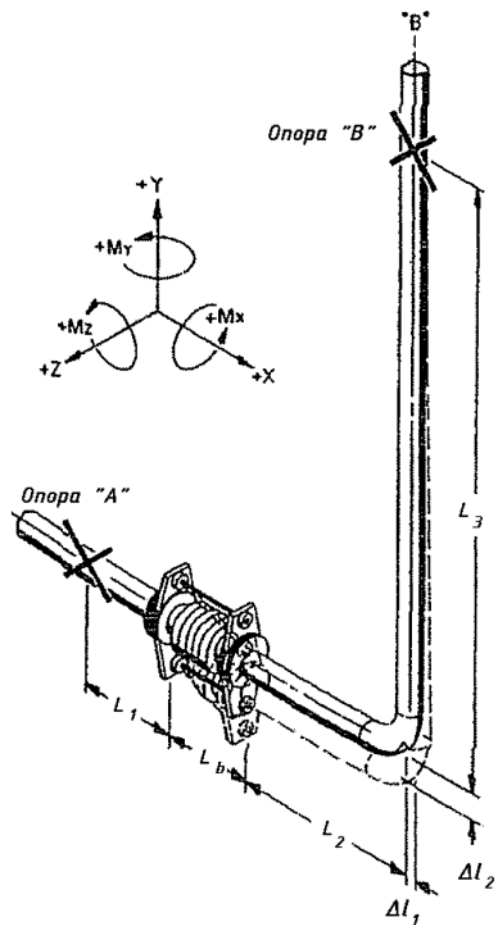


Рис. 22. Расчетная схема примера 3

Пример №4

Универсальный разгруженный компенсатор, подвергается осевому и поперечному перемещениям. Пример аналогичный примеру №3. Расчетная схема примера № 4 см. рисунок 22.

Универсальный разгруженный сильфонный компенсатор подвергается осевому и сдвиговому перемещению. Трубопровод выполнен из углеродистой стали диаметром 530 мм с длинами $L_1=1,5$ м, $L_2=3$ м, $L_b=0,8$ м, $L_3=7$ м. Зашемлен с концов мертвыми опорами «А» и «В». Трубопровод должен эксплуатироваться при давлении 1,6 МПа и рабочей температурой $T_{раб}=150^\circ\text{C}$. Температура монтажа $T_{мон}=10^\circ\text{C}$. Коэффициент линейного расширения материала $\alpha=12,2 \cdot 10^{-6} \text{ } 1/^\circ\text{C}$.

Данные предоставляемые изготовителем компенсатора:

$$\begin{aligned} S_{эф} &= 0 \text{ мм}^2, \text{ эффективная площадь.} \\ \lambda_{oc} &= 1111 \text{ Н/мм, осевая жесткость.} \\ \lambda_{cdв} &= 1740 \text{ Н/мм, сдвиговая жесткость.} \end{aligned}$$

Решение.

Температурные расширения трубопровода:

Осевые перемещения, от расширения участка (L_1, L_2, L_b)

$$\begin{aligned} \Delta l_{oc} &= \alpha(L_1 + L_2 + L_b)(T_{раб} - T_{мон}) \\ \Delta l_{oc} &= 12,2 \cdot 10^{-6} \cdot (1,5 + 3 + 0,8) \cdot 1000 \cdot (150 - 10) = 9,05 \text{ мм} \end{aligned}$$

Сдвиговые перемещения, от расширения участка L_3

$$\begin{aligned} \Delta l_{cdв} &= \alpha \cdot L_3 (T_{раб} - T_{мон}) \\ \Delta l_{cdв} &= 12,2 \cdot 10^{-6} \cdot 7 \cdot 1000 (150 - 10) = 11,96 \text{ мм} \end{aligned}$$

Максимальные деформации компенсатора:

Осевые сжимающие $\Delta l_{oc}=9,05$ мм,
 Сдвиговые $\Delta l_{cдв}=11,96$ мм
 $F_{k,oc}=\Delta l_{oc} \cdot \lambda_{oc}=9,05 \cdot 1111=10054,6$ Н
 $F_{k,cдв}=\Delta l_{cдв} \cdot \lambda_{cдв}=11,96 \cdot 1740=20810,4$ Н
 $F_s=P_{раб} \cdot S_{эф}=1,6 \cdot 0=0$ Н

Силы, действующие на опору «А».

$$\begin{cases} F_{X,A} = -(F_s + F_{k,oc}) \\ F_{Y,A} = -F_{k,cдв} \\ M_{Z,A} = -F_{k,cдв} (L_1 + L_b/2) \end{cases}$$

$$\begin{cases} F_{X,A} = -10054,6 \text{ Н} \\ F_{Y,A} = -20810,4 \text{ Н} \\ M_{Z,A} = -20810,4 (1,5 + 0,8/2) = -39539,76 \text{ Н} \cdot \text{м} \end{cases}$$

Силы, действующие на опору «В».

$$\begin{cases} F_{X,B} = (F_s + F_{k,oc}) \\ F_{Y,B} = F_{k,cдв} \\ M_{Z,B} = -F_{k,cдв} (L_1 + L_b/2) + (F_s + F_{k,oc}) L_3 \end{cases}$$

$$\begin{cases} F_{X,B} = 10054,6 \text{ Н} \\ F_{Y,B} = 20810,4 \text{ Н} \\ M_{Z,B} = -20810,4 (1,5 + 0,8/2) + 10057,6 \cdot 7 = 30'863,4 \text{ Н} \cdot \text{м} \end{cases}$$

В примере с использованием разгруженного компенсатора (пример №4) момент $M_{Z,B}$ меньше этого момента с использованием универсального компенсатора (пример №3) в 90 раз.

Пример №5

Сдвиговой компенсатор, подвергается поперечному перемещению в двух плоскостях.

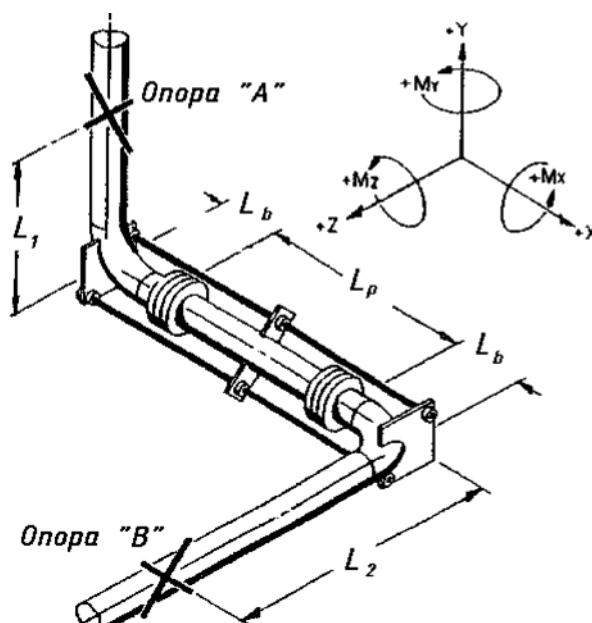


Рис. 23. Расчетная схема примера 5

Сдвиговой сильфонный компенсатор подвергается сдвиговому перемещению. Трубопровод выполнен из углеродистой стали диаметром 325 мм с длинами $L_1=7$ м, $L_2=9$ м, $L_b=0,15$ м, $L_p=1,05$ м. Зашемлен с концов мертвыми опорами «А» и «В». Трубопровод должен эксплуатироваться при давлении 1,6 МПа и рабочей температурой $T_{раб}=150^\circ\text{C}$. Температура монтажа $T_{мон}=10^\circ\text{C}$. Коэффициент линейного расширения материала $\alpha=12,2 \cdot 10^{-6} \text{ } 1/^\circ\text{C}$.

Данные предоставляемые изготовителем компенсатора:

$S_{эф}=0 \text{ мм}^2$, эффективная площадь.

$\lambda_{сдв}=265 \text{ Н/мм}$, сдвиговая жесткость.

Решение

Температурные расширения трубопровода:

Сдвиговые перемещения, от расширения участка L_1

$$\Delta l_{1,сдв}=\alpha \cdot L_1(T_{раб}-T_{мон})$$

$$\Delta l_{1,сдв}=12,2 \cdot 10^{-6} \cdot 7 \cdot 1000(150-10)=11,96 \text{ мм}$$

Сдвиговые перемещения, от расширения участка L_2

$$\Delta l_{2,сдв}=\alpha \cdot L_2(T_{раб}-T_{мон})$$

$$\Delta l_{2,сдв}=12,2 \cdot 10^{-6} \cdot 9 \cdot 1000(150-10)=15,37 \text{ мм}$$

Общие деформации

$$\Delta l = \sqrt{\Delta l_{1,сдв}^2 + \Delta l_{2,сдв}^2}$$

$$\Delta l = \sqrt{11,96^2 + 15,37^2} = 19,48 \text{ мм}$$

Максимальные деформации компенсатора:

Сдвиговые $\Delta l_{сдв}=19,48 \text{ мм}$

$$F_{k1,сдв}=\Delta l_{1,сдв} \cdot \lambda_{сдв}=11,96 \cdot 265=3169,4 \text{ Н}$$

$$F_{k2,сдв}=\Delta l_{2,сдв} \cdot \lambda_{сдв}=15,37 \cdot 265=4073,1 \text{ Н}$$

$$F_s=P_{раб} \cdot S_{эф}=1,6 \cdot 0=0 \text{ Н}$$

Силы, действующие на опору «А».

$$\begin{cases} F_{X,A} = 0 \\ F_{Y,A} = F_{1k,сдв} \\ F_{Z,A} = -F_{2k,сдв} \end{cases} \begin{cases} M_{X,A} = -F_{Z,A} L_1 \\ M_{Y,A} = -F_{Z,A} L_b \\ M_{Z,A} = F_{Y,A} L_b \end{cases}$$

$$\begin{cases} F_{X,A} = 0 \\ F_{Y,A} = 3169,4 \text{ Н} \\ F_{Z,A} = -4073,1 \text{ Н} \end{cases} \begin{cases} M_{X,A} = 4073,1 \cdot 7 = 28511,7 \text{ Н} \cdot \text{м} \\ M_{Y,A} = 4073,1 \cdot 0,15 = 611 \text{ Н} \cdot \text{м} \\ M_{Z,A} = 3169,4 \cdot 0,15 = 475,4 \text{ Н} \cdot \text{м} \end{cases}$$

Силы, действующие на опору «В».

$$\begin{cases} F_{X,B} = 0 \\ F_{Y,B} = -F_{1k,сдв} \\ F_{Z,B} = F_{2k,сдв} \end{cases} \begin{cases} M_{X,B} = F_{Y,B} L_2 \\ M_{Y,B} = F_{Z,B} L_b \\ M_{Z,B} = -F_{Y,B} L_b \end{cases}$$

$$\begin{cases} F_{X,B} = 0 \\ F_{Y,B} = -3169,4 \text{ Н} \\ F_{Z,B} = 4073,1 \text{ Н} \end{cases} \begin{cases} M_{X,B} = -3169 \cdot 9 = 28521 \text{ Н} \cdot \text{м} \\ M_{Y,B} = 4073,1 \cdot 0,15 = 611 \text{ Н} \cdot \text{м} \\ M_{Z,B} = -3169,4 \cdot 0,15 = -475,4 \text{ Н} \cdot \text{м} \end{cases}$$

Пример №6

Универсальный компенсатор, прикрепленный к патрубку сосуда, подвергается осевому и поперечному перемещениям.

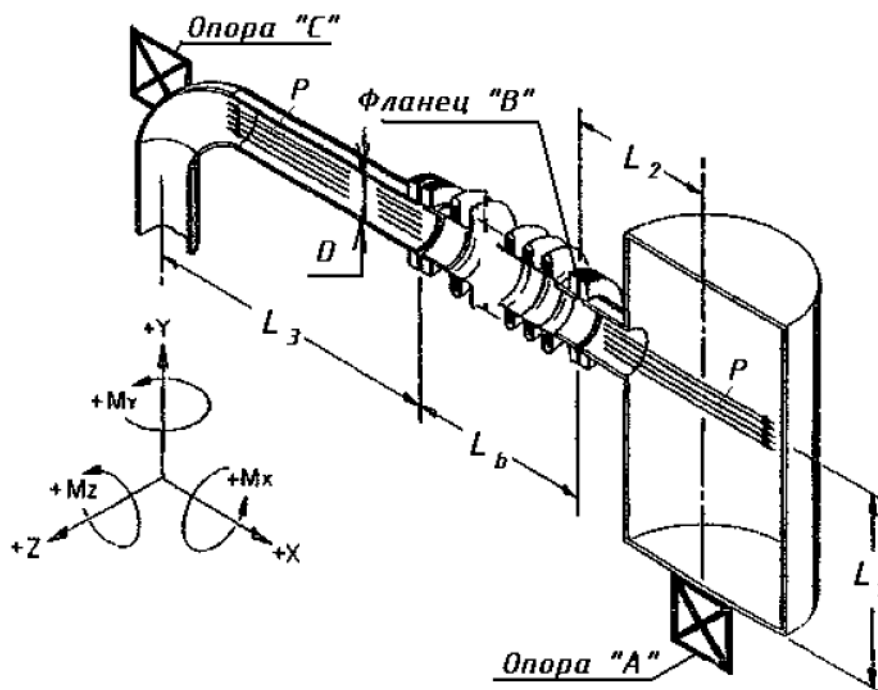


Рис. 24. Расчетная схема примера 6

Вертикальный сосуд, эксплуатируемый под давлением 2,5 МПа и при температуре 200°C, оборудован выпускным трубопроводом диаметром 159 мм и толщиной 8 мм (рисунок 24). Внутренний диаметр трубы $d_{вн}=143$ мм. В выпускном трубопроводе имеется универсальный компенсатор, рассчитанный на поглощение теплового расширения сосуда и трубопровода. Трубопровод выполнен из низколегированной стали, с коэффициентом линейного расширения материала $\alpha=12,2 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$.

Длины отрезков и температурные расширения:

$$L_1=5,5 \text{ м} \quad \Delta L_1=13,75 \text{ мм}$$

$$L_2=1,8 \text{ м} \quad \Delta L_2=4,50 \text{ мм}$$

$$L_3=4 \text{ м} \quad \Delta L_3=10,00 \text{ мм}$$

$$L_b=0,5 \text{ м} \quad \Delta L_b=1,25 \text{ мм}$$

Данные предоставляемые изготовителем компенсатора:

$$S_{эф}=25200 \text{ мм}^2, \text{ эффективная площадь.}$$

$$\lambda_{oc}=675 \text{ Н/мм, осевая жесткость.}$$

$$\lambda_{cd\theta}=1250 \text{ Н/мм, сдвиговая жесткость.}$$

Деформации компенсатора осевые:

$$\Delta L_{oc}=4,50+10,00+1,25=15,75 \text{ мм}$$

Деформации компенсатора сдвиговые:

$$\Delta L_{cd\theta}=13,75 \text{ мм}$$

Максимальные деформации компенсатора:

$$\text{Осевые сжимающие } \Delta L_{oc}=15,75 \text{ мм,}$$

$$\text{Сдвиговые } \Delta L_{cd\theta}=13,75 \text{ мм}$$

Распорное усилие в компенсаторе:

$$F_s=S_{эф} \cdot P_{раб}=25200 \cdot 2,5=63000 \text{ Н}$$

Упругая сила, от осевых деформаций компенсатора:

$$F_{oc}=\Delta L_{oc} \cdot \lambda_{oc}=15,75 \cdot 675=10631,25 \text{ Н}$$

Упругая сила, от сдвиговых деформаций компенсатора:

$$F_{cd\theta}=\Delta L_{cd\theta} \cdot \lambda_{cd\theta}=13,75 \cdot 1250=17187,5 \text{ Н}$$

Распорное усилие от внутреннего давления в трубопроводе и сосуде:

$$F_p = P_{\text{раб}} \frac{\pi d_{\text{вн}}^2}{4} = 2,5 \cdot 16060,61 = 40151,53 \text{ Н}$$

Силы и моменты действующие на опору «А»

$$\begin{cases} F_{X,A} = F_{oc} + F_S \\ F_{Y,A} = -F_{cдв} \\ F_{Z,A} = 0 \end{cases} \begin{cases} M_{X,A} = 0 \\ M_{Y,A} = 0 \\ M_{Z,A} = -F_{Y,A}(L_2 + L_b/2) - F_{X,A}L_1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} F_{X,A} = 10631,25 + 63000 = 73631,25 \text{ Н} \\ F_{Y,A} = -17187,5 \text{ Н} \\ F_{Z,A} = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} M_{X,A} = 0 \\ M_{Y,A} = 0 \\ M_{Z,A} = -(-17187,5)(1,8 + 0,5/2) - 73631,25 \cdot 5,5 = -369'737,5 \text{ Н} \cdot \text{м} \end{cases}$$

Силы и моменты действующие на опору «С»

$$\begin{cases} F_{X,C} = -F_{oc} - F_S \\ F_{Y,C} = F_{cдв} \\ F_{Z,C} = 0 \end{cases} \begin{cases} M_{X,C} = 0 \\ M_{Y,C} = 0 \\ M_{Z,C} = F_{Y,C}(L_3 + L_b/2) \end{cases}$$

$$\begin{cases} F_{X,C} = -10631,25 - 63000 = -73631,25 \text{ Н} \\ F_{Y,C} = 17187,5 \text{ Н} \\ F_{Z,C} = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} M_{X,C} = 0 \\ M_{Y,C} = 0 \\ M_{Z,C} = 17187,5(4 + 0,5/2) = 73'046,9 \text{ Н} \cdot \text{м} \end{cases}$$

Силы и моменты, действующие на поверхность фланца патрубка «В» (рисунок 25).

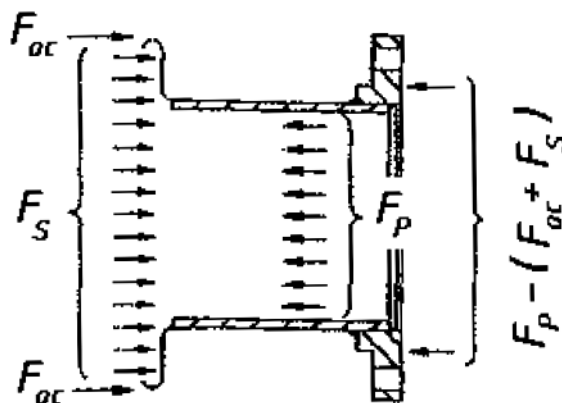


Рис. 25. Расчетная схема фланца

$$\begin{cases} F_{X,B} = F_{oc} + F_S - F_P \\ F_{Y,B} = -F_{cde} \\ F_{Z,B} = 0 \end{cases} \begin{cases} M_{X,B} = 0 \\ M_{Y,B} = 0 \\ M_{Z,B} = -F_{Y,B} L_b / 2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} F_{X,B} = 10631,25 + 63000 - 40151,53 = 33479,72H \\ F_{Y,B} = -17187,5H \\ F_{Z,B} = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} M_{X,B} = 0 \\ M_{Y,B} = 0 \\ M_{Z,B} = 17187,5 \cdot 0,5 / 2 = 4296,9H \cdot m \end{cases}$$

Пример №7
Система из трехшарнирных компенсаторов.

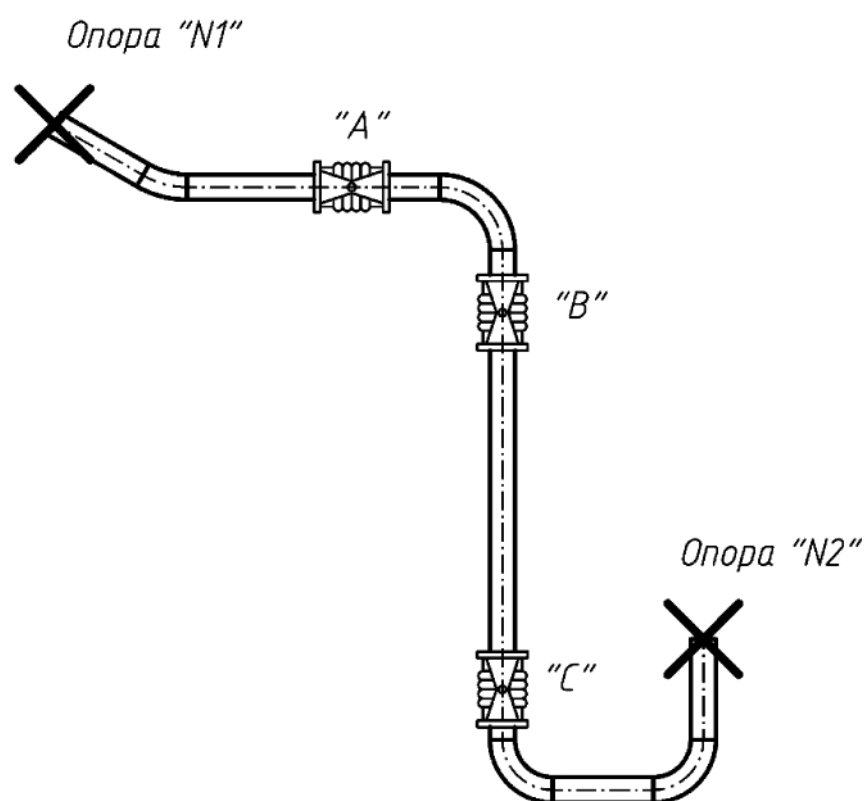


Рис. 26. Схема трехшарнирного трубопровода

Трубопровод из нержавеющей стали диаметром 219 мм зашкреплён неподвижными опорами «N1» и «N2». На Г-образном участке имеются три карданных компенсатора «А», «В», «С». Трубопровод эксплуатируется при температуре 565 °С и давлении 2,5 МПа, с коэффициентом линейного расширения материала $\alpha = 18,35 \cdot 10^{-6} \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$. На рисунке 26 приведена расчётная схема трубопровода.

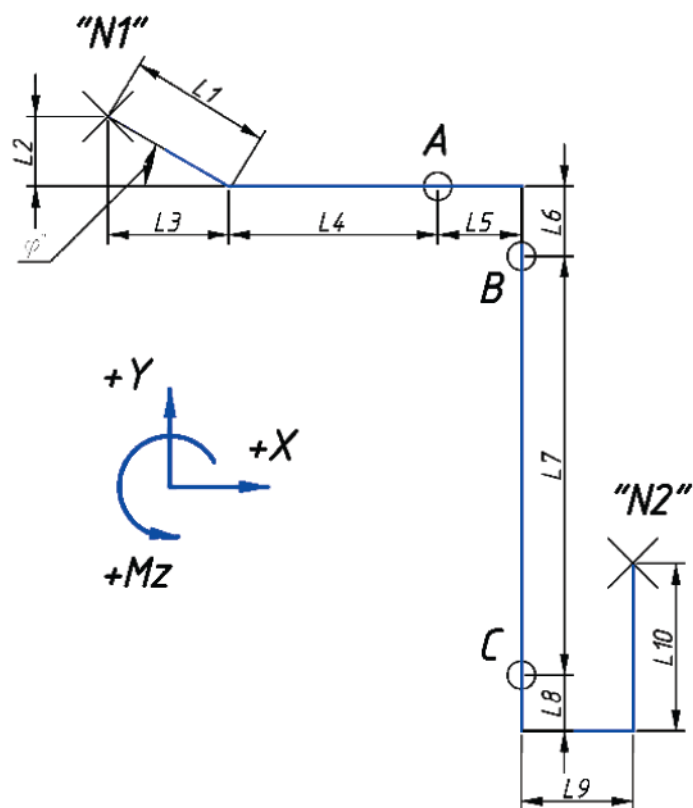


Рис. 27а. Расчетная схема трубопровода с обозначением длин участков

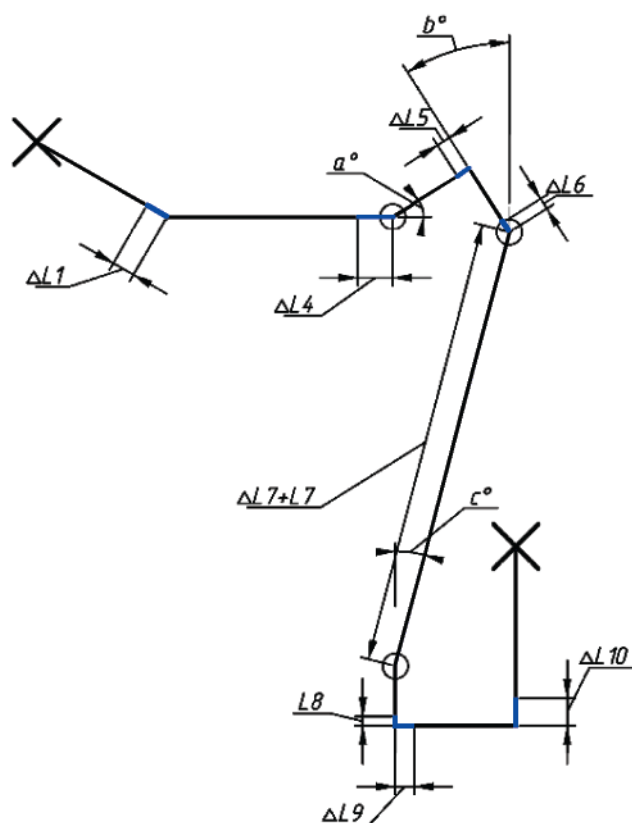


Рис. 27б. Расчетная схема трубопровода с указанием температурных удлинений участков

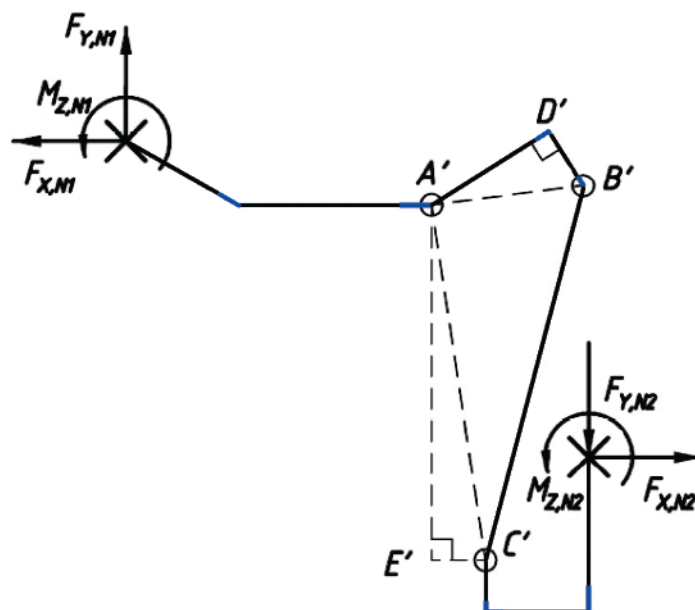


Рис. 27в. Расчетная схема трубопровода - расчетная модель

Длины отрезков и температурные расширения:

$L_1=1,3$ м	$\Delta L_1=13,48$ мм
$L_2=0,65$ м	$\Delta L_2=6,74$ мм
$L_3=1,126$ м	$\Delta L_3=11,67$ мм
угол $\varphi=30^\circ$	
$L_4=3$ м	$\Delta L_4=31,10$ мм
$L_5=1,75$ м	$\Delta L_5=18,14$ мм
$L_6=2$ м	$\Delta L_6=20,74$ мм
$L_7=8$ м	$\Delta L_7=82,94$ мм
$L_8=2,1$ м	$\Delta L_8=21,77$ мм
$L_9=3,1$ м	$\Delta L_9=32,14$ мм
$L_{10}=2,3$ м	$\Delta L_{10}=23,85$ мм

Данные предоставляемые изготовителем компенсатора:

$S_{\text{эф}}=0$ мм², эффективная площадь.

$\lambda_{y2l}=1635$ Н·м/град, осевая жесткость.

а) треугольник $\Delta A'E'C'$

$$A'E' = (L_6 + L_7) + \Delta L_{10} - \Delta L_8 - \Delta L_1 \sin \varphi$$

$$A'E' = (2000 + 8000) + 23,85 - 21,77 - 13,48 \cdot \sin 30 = 9995,34 \text{ мм}$$

$$E'C' = L_5 - \Delta L_9 - \Delta L_4 - \Delta L_1 \cos \varphi$$

$$E'C' = 1,75 \cdot 1000 - 32,14 - 31,10 - 13,48 \cos 30 = 1675,09 \text{ мм}$$

$$A'C' = \sqrt{[A'E']^2 + [E'C']^2}$$

$$A'C' = \sqrt{9995,34^2 + 1675,09^2} = 10134,73 \text{ мм}$$

$$\alpha_1 = \arctg(E'C'/A'E')$$

$$\alpha_1 = \arctg\left(\frac{1675,09}{9995,34}\right) = 9,514^\circ$$

$$c_1 = 90^\circ - \alpha_1$$

$$c_1 = 90^\circ - 9,514^\circ = 80,486^\circ$$

б) треугольник $\Delta A'D'B'$

$$A'D' = L_5 + \Delta L_5$$

$$A'D' = 1750 + 18,14 = 1768,14 \text{ мм}$$

$$D'B' = L_6 + \Delta L_6$$

$$D'B' = 2000 + 20,74 = 2020,74 \text{ мм}$$

$$A'B' = \sqrt{[A'D']^2 + [D'B']^2}$$

$$A'B' = \sqrt{1768,14^2 + 2020,74^2} = 2685,09 \text{ мм}$$

$$\alpha_2 = \arctg\left(\frac{D'B'}{A'D'}\right)$$

$$\alpha_2 = \arctg\left(\frac{2020,74}{1768,14}\right) = 48,81^\circ$$

$$b_1 = 90^\circ - \alpha_2$$

$$b_1 = 90^\circ - 48,81 = 41,19^\circ$$

в) треугольник $\Delta A'B'C'$

$$B'C' = L_7 + \Delta L_7$$

$$B'C' = 8000 + 82,94 = 8082,94 \text{ мм}$$

$$c_2 = \cos^{-1}\left(\frac{[B'C']^2 + [A'C']^2 - [A'B']^2}{2[B'C'][A'C']}\right)$$

$$c_2 = \cos^{-1}\left(\frac{8082,94^2 + 10134,73^2 - 2685,09^2}{2 \cdot 8082,94 \cdot 10134,73}\right) = 10,98^\circ$$

$$b_2 = \cos^{-1}\left(\frac{[B'C']^2 + [A'B']^2 - [A'C']^2}{2[B'C'][A'B']}\right)$$

$$b_2 = \cos^{-1}\left(\frac{8082,94^2 + 2685,09^2 - 10134,73^2}{2 \cdot 8082,94 \cdot 2685,09}\right) = 134,03^\circ$$

$$a_3 = 180^\circ - 10,98^\circ - 134,03^\circ = 34,99^\circ$$

$$\sum a = a_1 + a_2 + a_3$$

$$\sum a = 9,514 + 48,81 + 34,99 = 93,314^\circ$$

$$\sum b = b_1 + b_2$$

$$\sum b = 41,19 + 134,03 = 175,22^0$$

$$\sum c = c_1 + c_2$$

$$\sum c = 80,486 + 10,98 = 91,466^0$$

Вычисление углов перемещений и угловые деформации карданных компенсаторов:

$$a = \sum a - 90^0 = 3,314^0$$

$$b = 180^0 - \sum b = 4,78^0$$

$$c = \sum c - 90^0 = 1,466^0$$

Проверка

$$b = a + c = 3,314 + 1,466 = 4,78^0$$

Определим моменты на каждом из карданных компенсаторов:

$$M_a = a \cdot \lambda_{y2l} = 3,314 \cdot 1635 = 5418,39 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_b = b \cdot \lambda_{y2l} = 4,78 \cdot 1635 = 7815,3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_c = c \cdot \lambda_{y2l} = 1,466 \cdot 1635 = 2396,91 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Определим силы и моменты, действующие на опоры:

$$\begin{cases} F_{X,N1} = -\frac{M_b + M_c}{L_7} \\ F_{Y,N1} = \frac{M_a + M_b - F_{X,N1}L_6}{L_5} \\ M_{Z,N1} = M_a + F_{Y,N1}(L_3 + L_4) - F_{X,N1}L_2 \end{cases} \quad \begin{cases} F_{X,N2} = -F_{X,N1} \\ F_{Y,N2} = -F_{Y,N1} \\ M_{Z,N2} = F_{X,N2}(L_{10} - L_8) + F_{Y,N1}L_9 - M_c \end{cases}$$

$$\begin{cases} F_{X,N1} = -\frac{7815,3 + 2396,9}{8} = -1276,53H \\ F_{Y,N1} = \frac{5418,39 + 7815,3 + 1276,53 \cdot 2}{1,75} = 9021H \\ M_{Z,N1} = 5418,39 + 9021(1,126 + 3) - 1276,53 \cdot 0,65 = 41809,29H \cdot \text{м} \end{cases}$$

$$\begin{cases} F_{X,N2} = 1276,53H \\ F_{Y,N2} = -9021H \\ M_{Z,N2} = 1276,53(2,3 - 2,1) + 9021 \cdot 3,1 - 2396,91 = 25823,5H \cdot \text{м} \end{cases}$$

Расчет трехшарнирных схем компенсации температурных расширений.

Трехшарнирные схемы, в которых шарниры выполнены из угловых компенсаторов, работающих в плоскости трубопроводов. Типовые схемы и рассчитываемые для них углы представлены в таблице 2.

Таблица 2. Типовые схемы использования трехшарнирных компенсаторов

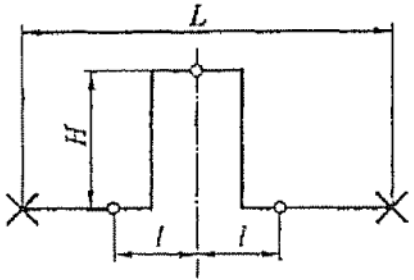
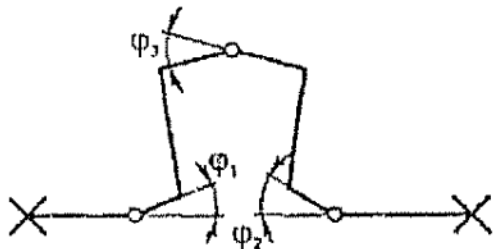
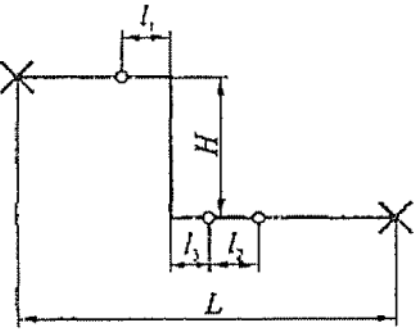
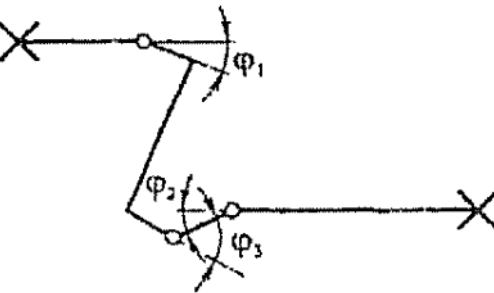
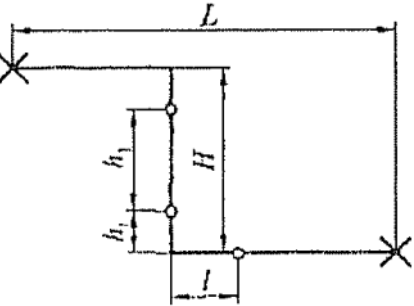
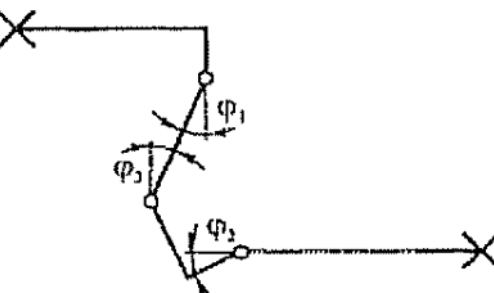
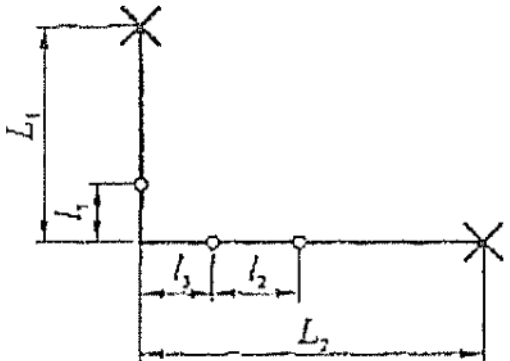
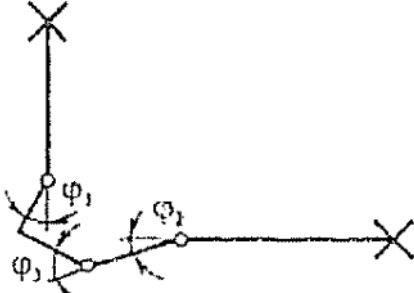
№ п/п	Схема	Определяемые углы
1		
2		
3		
4		

Схема 1:

$$\begin{cases} \varphi_1 = \frac{180}{\pi} \frac{\alpha \Delta T L}{2H} \\ \varphi_2 = \varphi_1 \end{cases}$$

Схема 2:

$$\begin{cases} \varphi_1 = \frac{180}{\pi} \frac{\alpha \Delta T L}{2H} \\ \varphi_2 = \frac{180}{\pi} \frac{\alpha \Delta T [H + L(l_1 + l_2)]/H}{l_2} \end{cases}$$

Схема 3:

$$\begin{cases} \varphi_1 = \frac{180}{\pi} \frac{\alpha \Delta T (l + Hh_1/l_1)}{h_2} \\ \varphi_2 = \frac{180}{\pi} \frac{\alpha \Delta T L}{l} \end{cases}$$

Схема 4:

$$\begin{cases} \varphi_1 = \frac{180}{\pi} \frac{\alpha \Delta T L_2}{l_1} \\ \varphi_2 = \frac{180}{\pi} \frac{\alpha \Delta T (L_1 + L_2 l_3/l_1)}{l_2} \end{cases}$$

Для любой схемы значения φ определяется по формуле

$$\varphi_3 = \varphi_1 + \varphi_2$$

5. Проектирование трубопровода тепловых сетей

5.1. Общие положения.

5.1.2. При проектировании тепловых сетей с применением **осевых компенсаторов** основными документами являются:

- СНиП 41-02-2003 «Тепловые сети», СНиП 2.04.07-86* «Тепловые сети», СНиП 41-03-2003 «Тепловые сети»;
- технические условия TV 3113-007-89676552-2010 ЗАО «Энергомаш (Белгород) – БЗЭМ»;
- РД 10-249-98 «Нормы расчета на прочность стационарных котлов и трубопроводов пара и горячей воды», Госгортехнадзор России, 1999;
- «Справочник по проектированию тепловых сетей», в двух томах, Теплоэлектропроект, 1959;
- «Руководство по проектированию тепловых сетей по заданному уровню надежности с помощью ПЭВМ. ВНИПИЭнергопром», Пермский Гостехуниверситет. 2000.

5.1.3. РД распространяется на следующие виды трубопроводов тепловых сетей:

- трубопроводы заводского изготовления в пенополиуретановой теплоизоляции с оболочкой из толстостенной полиэтиленовой трубы (далее в **ППУ-изоляции**). Альбом «Типовых решений прокладки трубопроводов тепловых сетей в изоляции из пенополиуретана» разработан ОАО «Объединение ВНИПИЭнергопром»;
- трубопроводы заводского изготовления в армопенобетонной теплоизоляции с паропроницаемой оболочкой из различных материалов (далее в **АПБ-изоляции**). Альбом типовых решений прокладки трубопроводов тепловых сетей в монолитной армопенобетонной изоляции разработан ОАО «Объединение ВНИПИЭнергопром»;
- трубопроводы заводского изготовления в пенополимерминеральной теплоизоляции с паропроницаемой наружной поверхностью (далее в **ППМ-изоляции**). Альбом «Типовых решений прокладки трубопроводов тепловых сетей в пенополимерминеральной изоляции» разработан ОАО «Объединение ВНИПИЭнергопром»;
- трубопроводы в «мягкой» теплоизоляции из минераловатных изделий в паропроницаемой оболочке из различных материалов (далее в **М-изоляции**). Альбом «Конструкции тепловой изоляции трубопроводов надземной и подземной канальной прокладки водяных тепловых сетей и паропроводов», серия 7.903.9-3;
- трубопроводы в других видах теплоизоляции, прошедшие необходимый цикл испытаний и имеющие сертификат соответствия. Выдача сертификатов по тематике «Конструкции и оборудование тепловых сетей» осуществляется органами Топливо-энергетического комплекса (ТЭК СЕРТ) на основании экспертного заключения лаборатории «Трубопроводы и оборудование» Топливо-энергетического комплекса.

5.2. Выбор осевых компенсаторов.

5.2.1 **Осевые компенсаторы** рекомендуется выбирать равного с трубопроводом диаметра, принимая соответствующую компенсирующую способность и технические характеристики.

5.2.2. Допускается применение при необходимости **осевых и стартовых компенсаторов** большего или меньшего диаметра, чем диаметр трубопровода, с установкой переходов. Входной и выходной переходы компенсаторов могут быть разных диаметров в зависимости от присоединяемых трубопроводов. Переходы рекомендуется заказывать одновременно с **осевыми и стартовыми компенсаторами**.

5.2.3. При применении **осевых компенсаторов**, диаметр которых не совпадает с диаметром трубы трубопровода, а также при скорости теплоносителя - горячей воды более 8 м/с, следует предусматривать установку **осевых компенсаторов** с внутренними направляющими патрубками, конструктивное исполнение которого оговаривается при заказе.

5.2.4. Для регионов с расчетной температурой наружного воздуха для проектирования отопления ниже минус 40°С **осевые компенсаторы** должны приниматься в северном исполнении [С], что оговаривается при заказе.

5.3. Размещение осевых компенсаторов

5.3.1. При канальной и надземной прокладке применяются осевые **СКО, УКО, 2УКО, УКОУ и 2УКОУ (осевые компенсаторы)**, которые могут размещаться в любом месте трубопровода между двумя неподвижными опорами или естественно неподвижными сечениями трубы.

Примеры размещения **осевых компенсаторов** на трубопроводах представлены на рисунке 28.

5.3.2. Протяженный трубопровод может иметь три вида зон (участков):

- **зоны изгиба** [L_{из}] - участки трубопровода, непосредственно примыкающие к компенсатору. Эти участки при нагреве трубопровода перемещаются в осевом и боковых направлениях;
- **зоны компенсации** [L_к] - участки трубопровода, примыкающие к компенсатору, перемещающиеся при температурных деформациях. Участки изгиба включаются в длину участков компенсации;

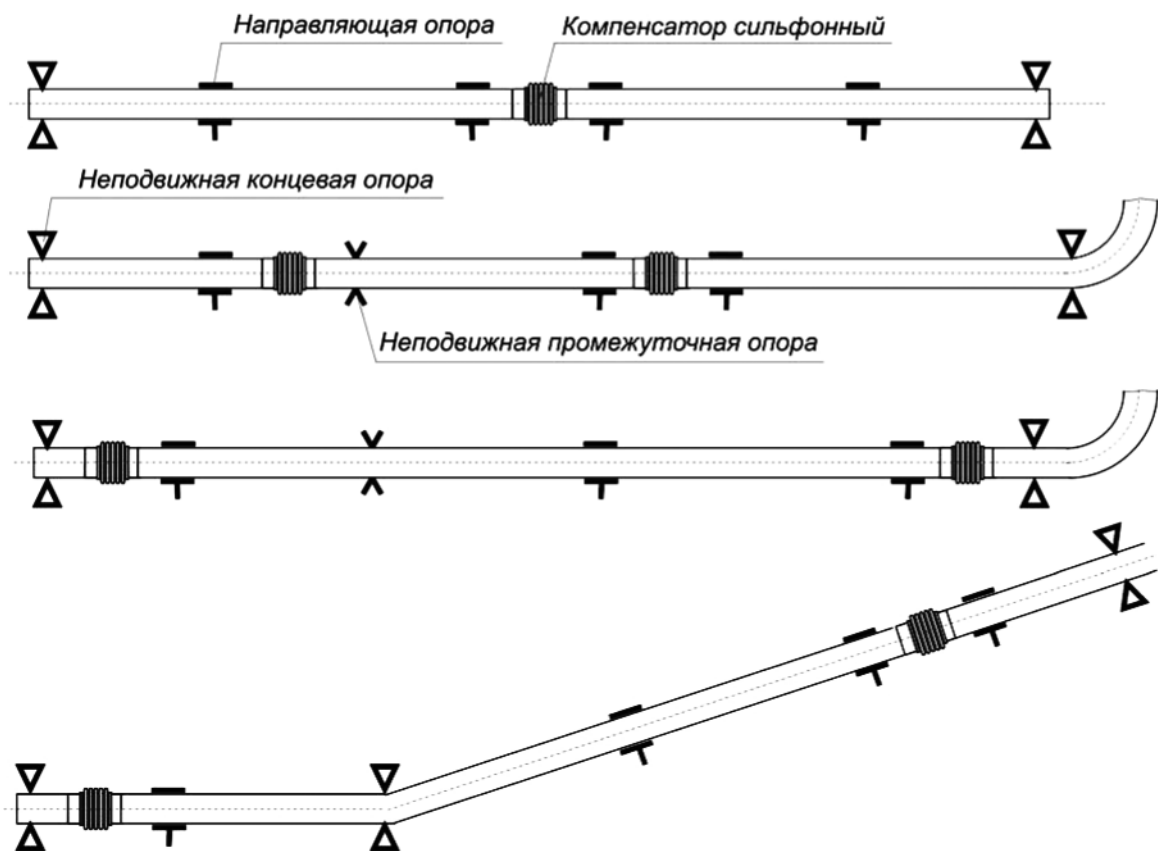
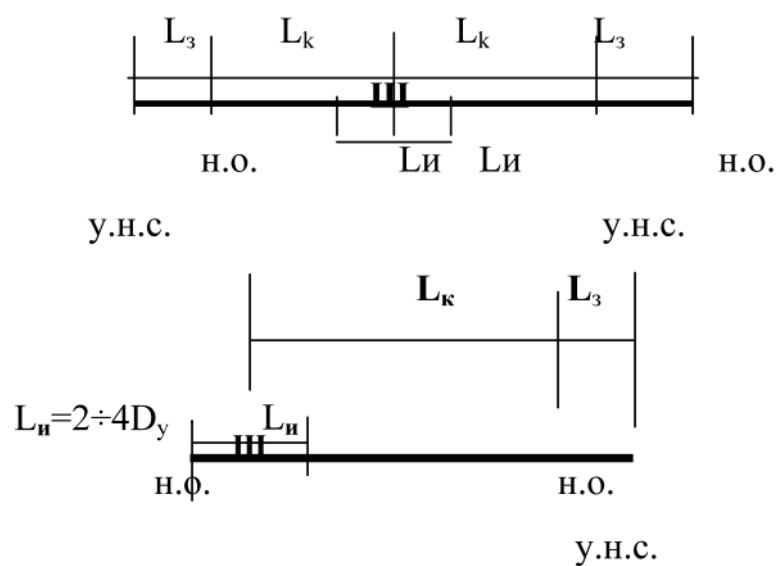


Рис. 28. Примеры размещения осевых компенсаторов на трубопроводах

- **зоны заземления** [L_3] - неподвижные (зашемленные) участки трубопровода, примыкающие к неподвижным опорам или естественно неподвижным сечениям трубы, компенсация температурных деформаций в которых происходит за счет изменения осевого напряжения.



Расчет деформаций.

5.3.3. В общем случае деформация трубопровода $[\Delta L]$ рассчитывается по формуле:

$$\Delta L = \Delta l_t - \Delta l_{mp} - \Delta l_{dm} + \Delta l_p; \quad [1]$$

где:

Δl_t - температурная деформация

Δl_{mp} - деформация под действием сил трения

Δl_p - деформация от внутреннего давления

Δl_{dm} - реакция демпфера (грунта, поролоновых подушек, жесткости осевого компенсатора, упругости П-образных, Г-образных, Z-образных и др. компенсирующих устройств).

5.3.4. Длина зоны (участка) компенсации $[L_k]$ при применении осевых компенсаторов рассчитывается по формуле:

$$L_k = \frac{F_{cm}}{f_{mp}} [E \cdot \alpha \cdot 10^{-3} + (A - 0,3) \cdot \sigma_{расм}], \text{ м}; \quad [2]$$

5.3.5. Максимальное удлинение зоны компенсации (ΔL_k) при нагреве трубопровода после засыпки траншеи грунтом можно определить по упрощенной формуле:

$$\Delta L_k = \Delta l_t - \Delta l_{mp} = \alpha(t_1 - t_2) \cdot L_k \cdot 10^{-3} - \frac{f_{mp} \cdot L_k^2}{2 \cdot E \cdot F_{cm}}, \text{ м}; \quad [3]$$

В формулах:

α - коэффициент линейного расширения стали, мм/м°C;

t_1 - максимальная расчетная температура теплоносителя, °C;

t_2 - минимальная температура. Выбор t_2 выполняется проектировщиком по согласованию с заказчиком и эксплуатирующей организацией ($t_{монт}$, t_0 , $t_{упора}$ и др.);

L_k - длина зоны (участка) компенсации, м;

f_{mp} - удельная сила трения на единицу длины трубы, Н/м.

E - модуль упругости материала трубы, 2105 Н/мм²;

F_{cm} - площадь поперечного сечения стенки трубы, мм²;

A - коэффициент, учитывающий активную поверхность сильфона осевых компенсаторов;

$A = 0,5 \cdot [1 - (D_c / D_{вн})^2]; \quad [4]$

D_c - средний диаметр сильфона, мм;

$D_{вн}$ - внутренний диаметр трубы, мм;

$\sigma_{расм}$ - растягивающее окружное напряжение от внутреннего давления, Н/мм² (см. формулу [13]).

Примечание: В формулах [2 и 3] с целью упрощения проектных расчетов не учтено влияние усилия от активной реакции упругой деформации компенсатора: N_r / F_{cm}

Расстановка направляющих опор.

5.3.6. Между двумя неподвижными опорами или естественно неподвижными сечениями трубы должен размещаться только один **осевой компенсатор**.

5.3.7. При применении **осевых компенсаторов** на трубопроводах при подземной прокладке в каналах, туннелях, камерах, надземной прокладке и в помещениях установка направляющих опор обязательна.

5.3.8. Первые направляющие опоры устанавливаются с двух сторон компенсатора на расстоянии $2D_y \div 4D_y$. Вторые предусматриваются с каждой стороны на расстоянии $14D_y \div 16D_y$ от компенсатора. Число и необходимость установки вторых и последующих направляющих опор определяются при проектировании по результатам расчета трубопровода.

5.3.9. При применении конструкции компенсатора типа УКО, 2УКО, УКОУ, 2УКОУ на трубопроводах при подземной прокладке в каналах, туннелях и камерах, а также при надземной прокладке и в помещениях установки первой пары направляющих опор на расстоянии $2D_y \div 4D_y$ не требуется, т.к. они предусмотрены конструкцией, но обязательна установка направляющих опор на расстоянии $14D_y \div 16D_y$ от компенсатора.

5.3.10. При размещении осевых компенсаторов у неподвижной опоры расстояние до нее должно быть в пределах $2D_y \div 4D_y$. В этом случае направляющие опоры для осевых компенсаторов устанавливаются только с одной стороны. С другой стороны их функцию выполняет неподвижная опора.

5.3.11. В случае размещения осевых компенсаторов в камерах функции направляющих опор могут выполнять стенки камер со специальной конструкцией обвязки входного и выходного проемов камеры.

5.3.12. Направляющие опоры следует применять, как правило, охватывающего типа (хомутовые, трубообразные, рамочные), принудительно ограничивающие возможность поперечного или углового сдвига и не препятствующие осевому перемещению. Для уменьшения силы трения между трубой и опорой предпочтительна установка катков, фторопластовых скользящих прокладок и т.п. Длина направляющей опоры должна быть, как правило, не менее двух диаметров. Зазор между трубой и направляющей конструкцией следует принимать не более 1,6 мм при диаметрах труб $D_y \leq 100$ мм, и не более 2,0 мм при трубах $D_y \geq 125$ мм.

5.3.13. При выборе места размещения **осевых компенсаторов** должна быть обеспечена возможность сдвижки кожуха компенсатора в любую сторону на его полную длину.

5.3.14. **Осевые компенсаторы** с внутренними направляющими патрубками следует устанавливать на трубопроводах так, чтобы направление стрелки на корпусе компенсатора совпадало с направлением движения теплоносителя.

Расчет предельно допустимой длины участка трубопровода.

5.3.15. Предельную длину прямого участка трубопровода при бесканальной прокладке между неподвижными опорами (н.о.) или условно неподвижными сечениями (у.н.с.) трубы, при которой не превышает максимально допустимое осевое напряжение в стальной трубе трубопровода, следует определять по формуле:

$$L_{пред} = \frac{\sigma_{расч} \cdot F_{ст}}{f_{тр}}, \text{ м}; \quad [5]$$

где:

$\sigma_{расч}$ - расчетное осевое напряжение в трубе, Н/мм²

$F_{ст}$ - площадь поперечного сечения стенки трубы, мм²;

$$F_{ст} = \pi \cdot (D_n - s) \cdot s, \text{ мм}^2; \quad [6]$$

где:

D_n - наружный диаметр трубы, мм;

s - толщина стенки трубы, мм;

$f_{тр}$ - удельная сила трения на единицу длины трубы, Н/м.

Удельная сила трения ($f_{тр}$) при бесканальной прокладке подсчитывается по формуле:

$$f_{тр} = \mu [(1 - 0,5\varphi) \gamma \cdot Z \cdot \pi \cdot D_{об} \cdot 10^{-3} + q_{трубы}], \text{ Н/м}; \quad [7]$$

где:

φ - угол внутреннего трения грунта (для песка $\varphi=0,5$)

С учетом этого [7] можно переписать в виде:

$$f_{тр} = \mu [0,75 \gamma \cdot Z \cdot \pi \cdot D_{об} \cdot 10^{-3} + q_{трубы}], \text{ Н/м}$$

$q_{трубы}$ - вес 1 м теплопровода с водой, Н/м;

μ - коэффициент трения:

при ППУ-изоляции - 0,40,

при ППБ-изоляции - 0,38,

при АПБ-изоляции - 0,60,

γ - удельный вес грунта, Н/м³,

Z - глубина засыпки по отношению к оси трубы, м,

$D_{об}$ - наружный диаметр теплопровода (по оболочке), мм.

Для конструкций трубопроводов с величиной адгезии теплоизоляции к трубе и оболочки к теплоизоляции $f_{адгезии} \geq 0,15$ МПа.

При меньших значениях $f_{адгезии}$ расчеты ведутся по D_n трубы.

Пример:

Определить предельную длину прямого участка трубопровода

D_y 150 мм: Грунт песчаный, угол естественного откоса грунта $\varphi=35^\circ$.

1. Площадь поперечного сечения стенки трубы:

$$F_{ст} = \pi \cdot (D_n - s) \cdot s = 3,14(159 - 4,5) \cdot 4,5 = 2183 \text{ мм}^2$$

2. Удельная сила трения на единицу длины трубы:

$$f_{тр} = \mu(0,75 \cdot \gamma \cdot Z \cdot \pi \cdot D_{об} \cdot 10^{-3} + q_{трубы}) = 0,4(0,75 \cdot 18000 \cdot 1 \cdot 3,14 \cdot 250 \cdot 10^{-3} + 503) = 4440 \text{ Н/м}$$

3. Предельная длина прямого участка трубопровода:

$$L_{пред} = \frac{\sigma_{дон} \cdot F_{см}}{f_{тр}} = \frac{110 \cdot 2183}{4440} = 54 \text{ м}$$

$\sigma_{дон}$ - допускаемое осевое напряжение в трубе, Н/мм²

$$\sigma_{дон} = 1,25 \cdot \varphi_H \sqrt{1,04[\sigma] - 0,4[\sigma]P \left[\frac{D_{вн}^2}{2(D_{вн} + s)s\varphi_d} + 1 \right]} \quad [8]$$

$[\sigma]$ - номинальное значение допускаемого напряжения материала;

φ - коэффициент снижения прочности сварного шва при расчете на давление (для электросварных труб).

При полном контроле шва и контроле качества сварки по всей длине неразрушающими методами $\varphi=1$, при выборочном контроле шва $\varphi=0,8$, а менее 10% $\varphi=0,7$;

P - избыточное внутреннее давление, МПа.

φ_H - коэффициент снижения прочности сварного шва при расчете на изгиб. При наличии изгиба $\varphi_H=0,9$, а при отсутствии изгиба $\varphi_H=1$.

Допускается использовать приближенные формулы:

при $\varphi_H=1$:

$$\sigma_{дон} = 1,25 [\sigma], \text{ Н/мм}^2$$

при $\varphi_H=0,8$:

$$\sigma_{дон} = 1,125 [\sigma], \text{ Н/мм}^2$$

Примечание.

При необходимости предельная длина компенсируемого участка трубопровода может быть увеличена, например, за счет применения стальных труб с повышенной толщиной стенки. Так, при $s=6$ мм:

$$F_{см} = \pi \cdot (D_H - s) \cdot s = 3,14(159 - 6) \cdot 6 = 2882 \text{ мм}^2$$

$$f_{тр} = \mu \cdot (0,75 \cdot 18000 \cdot 1 \cdot 3,14 \cdot 250 \cdot 10^{-3} + 508) = 4445 \text{ Н/м.}$$

$$L_{пред} = \frac{\sigma_{дон} \cdot F_{см}}{f_{тр}} = \frac{110 \cdot 2882}{4445} = 71 \text{ м}$$

5.3.16. Расчет предельной длины трубопровода между неподвижными опорами, прокладываемого под землей в каналах, туннелях или над землей, как правило, не производится.

Исключение составляют случаи совместной прокладки труб с опиранием на основную трубу («труба-на-трубе»), использования основной трубы в качестве несущей конструкции, прокладки трубопроводов в районах высокой сейсмичности.

В этом случае расчет ($f_{тр}$) может быть выполнен по формуле:

$$f_{тр} = (q_{трубы} + q_{пригруз} + \eta_{вет} + \eta_{лед} + \eta_{снег}) \cdot \mu, \text{ Н/м;} \quad [9]$$

где:

$q_{трубы}$ - вес 1 м теплопровода с водой, Н/м;

$q_{пригруз}$ - вес пригруза (дополнительные трубы, строительные конструкции, пешеходные дорожки, ограждения, площадки обслуживания, мостики и т.п. с использованием основных трубопроводов в качестве несущей конструкции), Н/м;

μ - коэффициент трения:

при скользящих опорах - 0,3;

при шариковых опорах - 0,1;

при катковых опорах - 0,1-0,15;

при фторопластовых опорах - 0,05-0,1.

$\eta_{вет} + \eta_{лед} + \eta_{снег}$ - дополнительная перегрузка:

$$\eta_{вет} = 0,8 \cdot \Psi \cdot h_{выс}, \text{ Н/м;}$$

$$\eta_{лед} = 65 \cdot h_{шир}, \text{ Н/м;}$$

$$\eta_{снег} = 1,4 \cdot q_{снег} \cdot h_{шир}, \text{ Н/м}$$

где:

Ψ - скоростной напор ветра, Н/м² (по СНиП 23-01-99 «Строительная климатология»);

$q_{\text{снег}}$ - нормативный вес снегового покрова, Н/м² горизонтальной проекции на 1 м трубопровода (СНиП 2.01.07-85);

$h_{\text{выс}}$ - высота вертикальной проекции конструкции (трубопровод+пригруз), м;

$h_{\text{шир}}$ - суммарная ширина в горизонтальной плоскости всех трубопроводов и конструкций (терупро-вод +пригруз), м.

Способы применения **осевых компенсаторов** при прокладке тепловых сетей

5.3.17. С **СКО, УКО, 2УКО, УКОУ, 2УКОУ** применимы три основных способа прокладки трубопроводов тепловых сетей:

I способ

С использованием компенсирующей способности осевых **СКО, УКО, 2УКО, УКОУ, 2УКОУ** в соответствии с пунктом 7.34 СНиП 2.04.07-86* «Тепловые сети» в диапазоне изменения температуры стенки трубопровода от максимальной (t_1), равной максимальной расчетной температуре теплоносителя, до расчетной температуры наружного воздуха для проектирования отопления (t_o)

II способ

С использованием компенсирующей способности осевых **СКО, УКО, 2УКО, УКОУ, 2УКОУ** в диапазоне изменения температуры стенки трубопровода, от максимальной, равной расчетной температуре теплоносителя (t_1), до минимальной ($t_{\text{мин}}$), равной наименьшей температуре наружного воздуха в данной местности. Значение ($t_{\text{мин}}$) определяется по согласованию с заказчиком по СНиП 23-01-99 «Строительная климатология» или по заданной обеспеченности (например, $t_{\text{мин}}(0,98)$), °С.

III способ

С использованием всей компенсирующей способности осевых **СКО, УКО, 2УКО, УКОУ, 2УКОУ** в диапазоне изменения температуры стенки трубопровода от максимальной (t_1), принимаемой равной расчетной температуре теплоносителя, до ($t_3=t_{\text{упора}}$) - температуры стенки трубопровода в момент упора в ограничитель полностью растянутого сильфона.

Колебания температур в заземленных (неподвижных) трубах от ($t_{\text{упора}}$) до (t_o) компенсируются изменением осевого напряжения (σ_o) в трубах.

IV способ

Использование **СКСТ**, завариваемых после предварительного нагрева, для частичной разгрузки температурных деформаций трубопровода за счет предварительного нагрева трубопровода во время его монтажа до температуры, равной 50% от максимальной.

5.3.18. Первый способ применения **осевых СКО** или **УКО, 2УКО, УКОУ, 2УКОУ** допускается применять при всех видах прокладки трубопроводов. Максимальная длина участка, на котором устанавливается один **осевой СКО** или **УКО, 2УКО, УКОУ, 2УКОУ**, рассчитывается по формуле:

$$L_{\text{м}}^{\lambda} = \frac{0,9 \cdot 2 \cdot \lambda_{-1}}{\alpha \cdot (t_1 - t_o)} < L_{\text{пред}}, \text{ м}; \quad [10]$$

где:

λ_{-1} - амплитуда осевого хода, мм;

α - коэффициент линейного расширения стали, мм/м°С;

t_1 - максимальная расчетная температура теплоносителя, °С;

t_o - расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления (средняя температура наружного воздуха наиболее холодной пятидневки, обеспеченностью $t_o(0,92)$) по СНиП 23-01-99 «Строительная климатология», °С.

Пример:

Определить максимальную длину участка, на котором устанавливается один **осевой СКО** или **УКО, 2УКО, УКОУ, 2УКОУ** D_y 150 мм:

$$L_{\text{м}}^{\lambda} = \frac{0,9 \cdot 2 \cdot \lambda_{-1}}{\alpha \cdot (t_1 - t_o)} = \frac{0,9 \cdot 2 \cdot 50}{0,012 \cdot (150 + 30)} = 41,7 \text{ м} < 54 \text{ м},$$

5.3.19. Второй способ применяется при надземной прокладке. При втором способе применения **осевых СКО** или **УКО, 2УКО, УКОУ, 2УКОУ** максимальная длина участка, на котором устанавливается один **осевой СКО** или **УКО, 2УКО, УКОУ, 2УКОУ**, рассчитывается по формуле [10], но вместо температуры (t_o) подставляется $t_{\text{мин}}$ - минимум температур наружного воздуха в данной местности. Определяется по согласованию с заказчиком по СНиП 23-01-99 «Строительная климатология» или по заданному коэффициенту обеспеченности (например, $t_{\text{мин}}(0,98)$), °С.

5.3.20. При применении для трубопроводов при наземной прокладке конструкций **осевых компенсаторов**, в которых не предусмотрен ограничитель нерасчетного растяжения сильфона, установка их выполняется по второму способу.

5.3.21. Третий способ применим при всех видах прокладки, в том числе бесканальной. Длина компенсируемого участка рассчитывается по формуле:

$$L_{\lambda}^{\lambda} = \frac{0,9 \cdot 2 \cdot \lambda_{-1}}{\alpha \cdot (t_1 - t_3)} \leq L_{пред}, \text{ м}; \quad [11]$$

В формуле [11]:

t_3 - минимальная температура в условиях эксплуатации ($t_{монт}$, $t_{упора}$, или любая другая температура). Выбор (расчет) t_3 выполняется проектировщиком по согласованию с заказчиком и эксплуатирующей организацией.

Пример:

Температура t_3 для случая, когда длина компенсируемого участка L_{λ}^{λ} трубопровода D_y 150 мм выбрана равной $L_{пред}$, определяется по формуле:

$$t_3 = t_1 - \frac{0,9 \cdot 2 \cdot \lambda_{-1}}{\alpha \cdot L_{пред}} = 150 - \frac{0,9 \cdot 2 \cdot 50}{0,012 \cdot 54} = 150 - 139 = 11 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

При $t_3 = t_{упора}$ расчет ведется следующим образом:

Температура стенки трубопровода в момент упора растянутого сильфона в ограничитель ($t_{упора}$) при полном использовании принятого $[\sigma_{расч}]$ определяется по формуле:

$$t_{упора} = \frac{\varphi_1 (\sigma_{дон} - 0,3 \cdot \sigma_{раст} - \sigma_{вн} - \sigma_{ж}) \cdot 10^3}{E \cdot \alpha} + t_o, \text{ }^{\circ}\text{C}; \quad [12]$$

где:

φ_1 - коэффициент прочности поперечного сварного шва;

$\sigma_{расч}$ - расчетное осевое напряжение в трубе, Н/мм²;

$\sigma_{вн}$ - осевое напряжение от внутреннего давления, Н/мм²;

$$\sigma_{вн} = \frac{P_{вн} \cdot D_{вн}^2}{4(D_{вн} + s) \cdot s}, \text{ Н/мм}^2; \quad [13]$$

$\sigma_{раст}$ - растягивающее окружное напряжение от внутреннего давления Н/мм²:

$$\sigma_{раст} = \frac{P_{вн} \cdot (D_{вн} - 2 \cdot s)}{2 \cdot s}, \text{ Н/мм}^2; \quad [14]$$

Пример:

Определить температуру стенки трубопровода D_y 150 мм в момент упора растянутого сильфона в ограничитель ($t_{упора}$) при полном использовании $[\sigma_{расч}]$.

1. Растягивающее окружное напряжение от внутреннего давления:

$$\sigma_{раст} = \frac{P_{вн} \cdot (D_{вн} - 2 \cdot s)}{2 \cdot s} = \frac{1,6(159 - 2 \cdot 4,5)}{2 \cdot 4,5} = 26,7 \text{ Н/мм}^2$$

2. Осевое напряжение от внутреннего давления:

$$\sigma_{вн} = \frac{P_{вн} \cdot D_{вн}^2}{4(D_{вн} + s) \cdot s} = \frac{1,6 \cdot 0,150^2}{4(0,15 + 0,0045) \cdot 0,0045} = 12,9 \text{ Н/мм}^2;$$

3. Температура стенки трубопровода D_y 150 мм в момент упора растянутого сильфона в ограничитель:

$$t_{упора} = \frac{\varphi_1 (\sigma_{расч} - 0,3 \cdot \sigma_{раст} - \sigma_{вн} - \sigma_{ж}) \cdot 10^3}{E \cdot \alpha} + T_o = \frac{0,9(110 - 0,3 \cdot 26,7 - 12,9 - 0,39)10^3}{0,012 \cdot 2 \cdot 10^5} + (-30) = 3,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Расчет максимально допустимого расстояния между СКСТ.

5.3.22. Между двумя неподвижными опорами трубопровода необходимо установить стартовый сильфонный компенсатор, после чего трубопровод заполняется теплоносителем и нагревается до температуры, равной 50% от максимальной рабочей. При этом стартовый компенсатор должен сжаться на полную величину рабочего хода. После выдержки при указанной температуре (как правило, в течение суток) кожухи стартового компенсатора завариваются между собой. Тем самым, сильфон исключается из дальнейшей работы трубопровода.

И так на всем трубопроводе между каждой парой неподвижных опор. Компенсация температурных расширений в дальнейшем происходит за счет знакопеременных осевых напряжений сжатия–растяжения. Таким образом, стартовые компенсаторы срабатывают один раз, после чего система превращается в неразрезную.

Максимально допустимое расстояние, м, между СКСТ составляет:

$$L_{см.к} = \frac{200 \cdot F_{см}}{f_{мп}} (2\sigma_{дон} - \alpha \cdot E(t_1 - t_3) \cdot 10^{-3}), \text{ м} \quad [15]$$

Диапазон температур предварительного нагрева, при которых может быть осуществлена заварка:

$$t_{н.н} = t_{н.н}^{\max} = t_3 + \frac{\sigma_{дон}}{\alpha \cdot E} \cdot 10^3, \quad [16]$$

$$t_{н.н} = t_{н.н}^{\min} = t_1 - \frac{\sigma_{дон}}{\alpha \cdot E} \cdot 10^3, \quad [17]$$

t_3 – температура, при которой монтируется **СКСТ**.

При проектировании следует учитывать, что t_3 может изменяться в пределах от нуля (при длительной остановки нагрева системы) до расчетной температуры наружного воздуха, принимаемой для расчета отопления (при глубине прокладки менее 0,7 м). Поэтому рекомендуется принимать $t_{н.н}$ близко к средней, определенной по формуле:

$$t_{н.н} = \frac{t_3 + t_1}{2} \quad [18]$$

С помощью нагрева до температуры $t_{н.н}$ и заварки стартового компенсатора осуществляется растяжка трубопровода на величину ΔL :

$$\Delta L = L_{см.к} \left(\alpha \cdot \Delta t_{н.н} - \frac{0,25 \cdot f_{мп} \cdot L_{см.к}}{E \cdot F} \right) \quad [19]$$

где:

$$\Delta t_{н.н} = t_{н.н} - t_3$$

При этом уровень напряжений в заземленной зоне будет приблизительно равен:

$$\sigma_{ос} = \alpha \cdot E \cdot (t_0 - t_{мин}) \cdot 10^{-3}, \text{ Н/мм}^2$$

Если по конструктивным соображениям расстояние между стартовыми компенсаторами требуется уменьшить, в формулу [19] вместо максимально допустимого значения $L_{см.к}$ подставляется реальное.

В местах установки **СКСТ** должны иметь прямолинейные участки длиной не менее 12 м.

Расстояние от **СКСТ** до места установки ответвления должно быть не менее $L_{см.к}/3$.

Пример:

Определить предельное допустимое расстояние между стартовыми компенсаторами, температуру предварительного нагрева и величину растяжки при следующих исходных данных. Трубопровод диаметром 426 мм с толщиной стенки 7 мм с изоляцией, наружный диаметр кожуха изоляции 560 мм, площадь поперечного сечения трубы 92 см², материал – сталь марки Ст20, давление в рабочем состоянии 1,6 МПа, наибольшая температура теплоносителя 130 °С, при монтаже компенсаторов – 100 °С, вес трубопровода с изоляцией и водой с учетом коэффициента перегрузки 2122 Н/м. Трубопровод имеет глубину заложения в грунте Z=1,1 м, окружающий грунт – песок.

Определяем допускаемое осевое напряжение по формуле [8]

$$\sigma_{дон} = 1,25 \cdot \sqrt{1,04 \cdot 148^2 - 0,4 \cdot 148 \cdot 1,6 \left[\frac{412^2}{2 \cdot (412 + 7) \cdot 7 \cdot 1,0} + 1,0 \right]} = 176,5 \text{ МПа}$$

Удельная сила трения по формуле [7] составляет:

$$f_{мп} = 0,4[(1 - 0,5 - 0,5)1,2 \cdot 15 \cdot 10^3 + 1,13 \cdot 14 \cdot 560 \cdot 10^{-3} + 512] = 11294 \text{ Н/м},$$

Предельно допустимое расстояние между стартовыми компенсаторами – по формуле [15]:

$$L_{см.к} = \frac{200 \cdot 92}{11294} (2 \cdot 176,5 - 0,012 \cdot 2 \cdot 10^5 (130 - 10) \cdot 10^{-3}) = 106 \text{ м}$$

Температура предварительного нагрева – по формуле [16]

$$t_{n,n} = t_{n,n}^{\max} = 10 + \frac{176,5}{0,012 \cdot 2 \cdot 10^5} \cdot 10^3 = 83,5^\circ\text{C}$$

по формуле [17]

$$t_{n,n} = t_{n,n}^{\min} = 130 - \frac{176,5}{0,012 \cdot 2 \cdot 10^5} \cdot 10^3 = 56,5^\circ\text{C}$$

Примем среднее значение $t_{n,n} = 70^\circ\text{C}$, тогда осевые напряжения в рабочем состоянии составят:

$$\sigma_{oc} = 0,012(130 - 70) \cdot 2 \cdot 10^2 = 144,0 \text{ МПа} < 176,5 \text{ МПа, Н/мм}^2$$

Определяем ΔL по формуле [19]

$$\Delta L = 106 \cdot \left(0,012 \cdot 60 - \frac{0,25 \cdot 11294 \cdot 106}{2,0 \cdot 10^5 \cdot 92} \right) = 74,6 \text{ мм}$$

$$\text{где } \Delta t_{n,n} = 70 - 10 = 60^\circ\text{C}.$$

В практике проектных и монтажных работ допускается использовать приближенные формулы для определения расчетного сжатия стартового компенсатора ΔL , мм:

$$\Delta L = 0,5(t_1 - t_{\text{монт}})L_{\text{ст.к}} \cdot \alpha$$

$$\Delta L = (t_{nn} - t_{\text{монт}})L_{\text{ст.к}} \cdot \alpha$$

Проверка живучести системы.

5.3.23. При первом способе применения **осевых СКО** или **УКО, 2УКО, УКОУ, 2УКОУ** при надземной прокладке следует произвести проверку живучести системы в экстремальных условиях, при которых:

- вода (теплоноситель) из трубопроводов выпущена;
- температура стенки трубопровода равна минимальной температуре наружного воздуха $-t_{\text{мин}}$;
- сильфоны растянuty до упора в ограничители.

Результаты проверки должны быть отмечены в проекте.

Напряжения, возникающие в трубопроводе в экстремальных условиях при остывании его от (t_o) до $(t_{\text{мин}})$, следует определять по приближенной, но достаточной для проверки, формуле:

$$\sigma_{\text{жив}} = \frac{\sigma_{oc} + \sigma_{ж} + 0,8\sqrt{\sigma_{из}^2 + \sigma_{ветер}^2}}{\varphi_1} \leq \sigma_{\text{расч}}, \text{ Н/мм}^2; \quad [20]$$

где:

σ_{oc} - дополнительное напряжение, возникающее в трубе при остывании от (t_o) до $(t_{\text{мин}})$:

$$\sigma_{oc} = \alpha \cdot E \cdot (t_o - t_{\text{мин}}) \cdot 10^{-3}, \text{ Н/мм}^2; \quad [21]$$

$\sigma_{ж}$ - напряжение в трубе от силы жесткости сильфона компенсатора, Н/мм²:

$$\sigma_{ж} = \frac{C_{\lambda} \cdot \lambda_{-1}}{S_{эф}} \cdot 10^{-3}, \text{ Н/мм}^2; \quad [22]$$

$\sigma_{из}$ - изгибающее напряжение от собственного веса трубопровода, Н/мм²:

$$\sigma_{из} = \frac{g_{\text{трубы}} \cdot L_{\text{подв}}^2}{12 \cdot W}, \text{ Н/мм}^2; \quad [23]$$

$\sigma_{ветер}$ - изгибающее напряжение от ветровой нагрузки, Н/мм²:

$$\sigma_{ветер} = 1,4 \frac{\Psi \cdot D_{об} \cdot L_{\text{подв}}^2}{12 \cdot W}, \text{ Н/мм}^2; \quad [24]$$

В формулах:

Ψ - скоростной напор ветра, Н/м² (по СНиП 23-01-99 «Строительная климатология»);

α - коэффициент линейного расширения стали, 0,012 мм/м³°C;

E - модуль упругости материала трубы, $2 \cdot 10^5$ Н/мм²;

t_o - расчетная температура наружного воздуха для отопления, обеспеченностью $(t_o(0,92))$, °C.

$t_{\text{мин}}$ - минимум температур наружного воздуха в данной местности. Определяется по согласованию с заказчиком по СНиП 23-01-99 «Строительная климатология» или по заданной обеспеченности (например, $t_{\text{мин}}(0,98)$), °C;

$\sigma_{\text{расч}}$ - расчетное осевое напряжение в трубе, Н/мм².

$D_{об}$ - наружный диаметр оболочки, мм;
 $g_{трубы}$ - вес 1 м трубопровода без воды, Н/м;
 $S_{эф}$ - эффективная площадь поперечного сечения сильфонного компенсатора, см²;
 C_{λ} - жесткость осевого хода, Н/см;
 λ_{-1} - амплитуда осевого хода, мм;
 12 - коэффициент от 3 до 12 в зависимости от конфигурации и месторасположения участка трубопровода на трассе (для прямых участков принимается равным 12);
 W - момент сопротивления поперечного сечения стенки трубы, см³;
 $L_{подв}$ - расстояние между подвижными опорами, м;
 ϕ_1 - коэффициент прочности поперечного сварного шва.

5.3.24. Если в результате проверки окажется, что $\sigma_{жив} > \sigma_{расч}$, а повторный более точный расчет с использованием [Л.1] подтвердит недопустимую величину осевого напряжения $\sigma_{жив}$, следует пересмотреть ранее принятые в проекте решения с целью снижения $\sigma_{жив}$ до приемлемых значений (уменьшить длину компенсируемого участка, выбрать **осевой СКО** или **УКО, 2УКО, УКОУ, 2УКОУ** с большей компенсирующей способностью, изменить коэффициент обеспеченности ($t_{o(0,92)}$), уменьшить расстояния между подвижными опорами и т.д.).

Пример:

Определить напряжения, возникающие в трубопроводе D_y 150 мм при нерасчетном похолодании.

1. Напряжения, возникающие в заземленной трубе при остывании от (t_o) до $(t_{мин})$ по формуле:

$$\sigma_{ос} = \alpha \cdot E \cdot (t_o - t_{мин}) \cdot 10^{-3} = 0,012 \cdot 2 \cdot 105 \cdot (-30 + 50) \cdot 10^{-3} = 48,0 \text{ Н/мм}^2;$$

2. Напряжения в трубе от силы жесткости сильфона компенсатора по формуле:

$$\sigma_{ж} = \frac{C_{\lambda} \cdot \lambda_{-1}}{S_{эф}} \cdot 10^{-3} = \frac{2180 \cdot 50}{279} \cdot 10^{-3} = 0,39, \text{ Н/мм}^2;$$

3. Изгибающее напряжение от собственного веса трубопровода:

$$\sigma_{из} = \frac{g_{трубы} \cdot L_{подв}^2}{12 \cdot W} = \frac{341 \cdot 9^2}{12 \cdot 0,1(15,9^4 - 15^4) : 15,9} = 27,54 \text{ Н/мм}^2;$$

4. Изгибающее напряжение от ветровой нагрузки:

$$\sigma_{ветер} = 1,4 \frac{\Psi \cdot D_{об} \cdot L_{подв}^2}{12 \cdot W} 10^{-3} = 1,4 \frac{1000 \cdot 429 \cdot 9^2 \cdot 10^{-3}}{12 \cdot 0,1(15,9^4 - 15^4) : 15,9} = 48,6 \text{ Н/мм}^2$$

5. Напряжения, возникающие в трубопроводе в экстремальных условиях при остывании его от (t_o) до $(t_{мин})$, по приближенной формуле:

$$\sigma_{жив} = \frac{\sigma_{ос} + \sigma_{ж} + 0,8 \sqrt{\sigma_{из}^2 + \sigma_{ветер}^2}}{\phi_1} = \frac{48 + 0,39 + 0,8 \sqrt{27,54^2 + 48,6^2}}{0,9} = 103,4, \text{ Н/мм}^2;$$

$$\sigma_{жив} > \sigma_{расч}$$

Проверка устойчивости системы.

5.3.25. Критическое усилие от наиболее невыгодного сочетания воздействий и нагрузок, при котором трубопровод теряет устойчивость, подсчитывается по формуле:

$$R_{кр} = \frac{1,1 \cdot N^2}{E \cdot J} \cdot i \cdot 10^2, \text{ Н/м}; \quad [25]$$

где:

N - осевое сжимающее усилие в трубе (формула [30]), Н;

E - модуль упругости материала трубы, Н/мм²;

J - момент инерции трубы, см⁴;

i - начальный изгиб трубы, м:

$$i = \frac{L_{изг}}{200}, \text{ м}; \quad [26]$$

$L_{изг}$ - длина местного изгиба трубопровода:

$$L_{изг} = 0,1 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{E \cdot J}{|N|}}, \text{ м}; \quad [27]$$

где:

$|N|$ - абсолютное значение величины осевого сжимающего усилия в трубе, Н.

Вертикальная нагрузка оказывает стабилизирующее влияние и определяется по формуле:

$$R_{ст} = q_{грунта} + q_{трубы} + 2 \cdot S_{сдвига} > R_{кр}, \text{ Н/м;} \quad [28]$$

где:

$q_{грунта}$ - вес грунта над трубопроводом, Н/м;

$q_{трубы}$ - вес 1 м трубопровода с водой, Н/м;

$S_{сдвига}$ - сдвигающая сила, от действия давления грунта в состоянии покоя, Н/м;

Для случаев, когда уровень стояния грунтовых вод ниже глубины заложения трубопровода:

$$S_{сдвига} = 0,5 \cdot \gamma \cdot Z^2 \cdot K_o \cdot \operatorname{tg} \varphi, \text{ Н/м;} \quad [29]$$

$$q_{грунта} = \gamma \cdot [Z \cdot D_{об} - 0,125 \cdot D_{об}^2 \cdot \pi], \text{ Н/м;} \quad [30]$$

В формулах:

γ - удельный вес грунта, Н/м³;

Z - глубина засыпки по отношению к оси трубы, м;

K_o - коэффициент давления грунта в состоянии покоя.

$$K_o = 0,5;$$

φ - угол внутреннего трения грунта (естественного откоса);

$D_{об}$ - наружный диаметр оболочки, м.

Осевое сжимающее усилие в заземленном участке прямой трубы с равномерно распределенной вертикальной нагрузкой:

$$N = -[F_{ст} \cdot (E \cdot \alpha \cdot \Delta t \cdot 10^{-3} - 0,3 \cdot \sigma_{раст}) + P_{внутр} \cdot F_{пл}], \text{ Н;} \quad [31]$$

где:

$F_{ст}$ - площадь кольцевого сечения трубы, мм²;

α - коэффициент линейного расширения стали, мм/м³С;

E - модуль упругости материала трубы, Н/мм²;

Δt - принимать равным $(t_l - t_{монт})$, °С;

$\sigma_{раст}$ - растягивающее окружное напряжение от внутреннего давления (формула [19]), Н/мм²;

$P_{внутр}$ - внутреннее давление, Н/мм²;

$F_{пл}$ - площадь действия внутреннего давления $(0,785 D_{вн}^2)$, мм²

Пример:

Провести проверку трубопровода Ду150, проложенного бесканально, на устойчивость при наиболее неблагоприятном сочетании нагрузок и воздействий. Для случая, когда уровень стояния грунтовых вод ниже глубины заложения трубопровода.

1. Осевое сжимающее усилие в заземленной трубе:

$$N = -[F_{ст} \cdot (E \cdot \alpha \cdot \Delta t \cdot 10^{-3} - 0,3 \cdot \sigma_{раст}) + P_{внутр} \cdot F_{пл}] = -[2183(2 \cdot 10^5 \cdot 0,012 \cdot 140 \cdot 10^{-3} - 0,3 \cdot 26,7) + 1,6 \cdot 17662,5] = -744283 \text{ Н;} \quad [31]$$

2. Длина местного изгиба трубопровода:

$$L_{изг} = 0,314 \sqrt{\frac{E \cdot J}{|N|}} = 0,314 \sqrt{\frac{2 \cdot 10^5 \cdot 664,4}{744283}} = 4,2 \text{ м;} \quad [32]$$

3. Начальный изгиб трубы:

$$i = \frac{L_{изг}}{200} = \frac{4,2}{200} = 0,021 \text{ м,} \quad [33]$$

4. Критическое усилие, при котором заземленный трубопровод при бесканальной прокладке теряет устойчивость, подсчитывается по формуле:

$$R_{кр} = \frac{1,1 \cdot N^2}{E \cdot J} \cdot i \cdot 10^2 = \frac{1,1 \cdot 744283^2}{2 \cdot 10^5 \cdot 664,4} \cdot 0,021 \cdot 10^2 = 9630 \text{ Н/м;} \quad [34]$$

5. Вес грунта над трубопроводом:

$$q_{грунта} = \gamma \cdot [Z \cdot D_{об} - 0,125 \cdot D_{об}^2 \cdot \pi] = 18000 \cdot [1 \cdot 0,250 - 0,125 \cdot 0,250^2 \cdot 3,14] = 4058 \text{ Н/м;} \quad [35]$$

6. Сдвигающая сила, возникающая в результате действия давления грунта в состоянии покоя:

$$S_{сдвига} = 0,5 \cdot \gamma \cdot Z^2 \cdot K_o \cdot \operatorname{tg} \varphi = 0,5 \cdot 18000 \cdot 1^2 \cdot 0,5 \cdot 0,7 = 3150 \text{ Н/м} \quad [36]$$

7. Стабилизирующая вертикальная нагрузка:

$$R_{ст} = q_{грунта} + q_{трубы} + 2 \cdot S_{сдвига} = 4058 + 503 + 2 \cdot 3150 = 10861 \text{ Н/м} \quad [37]$$

Стабилизирующая вертикальная нагрузка больше критического усилия, поэтому заземленный трубопровод сохранит устойчивость даже при наиболее неблагоприятном сочетании нагрузок и воздействий.

5.3.26. Если уровень грунтовых или сезонных поверхностных вод (паводок, подтопляемые территории и т.п.) может подниматься выше глубины заложения бесканально прокладываемых трубопроводов, т.е. существует вероятность всплытия труб при их опорожнении. Необходимый вес балласта, который должен сообщить трубопроводу надежную отрицательную плавучесть, определяется по формуле:

$$R_{бал} = K_{вспл} \cdot \gamma_{путьны} \cdot \omega_{вспл} + g_{трубы} + q_{н.п.}, \text{ Н/м}; \quad [32]$$

где:

$K_{вспл}$ - коэффициент устойчивости против всплытия. Принимается равным:

1,10 - при периодически высоком уровне грунтовых вод или при прокладках в зонах подтопляемых территорий;

1,15 - при прокладках по болотистой местности.

$\gamma_{путьны}$ - вес пульпы (воды и взвешенных частиц грунта), Н/м³;

$\omega_{вспл}$ - объем пульпы, вытесненной трубопроводом, м³/м;

$g_{трубы}$ - вес 1 м трубопровода без воды, Н/м;

$q_{н.п.}$ - вес неподвижных опор, Н/м.

5.4. Расчет нагрузок на опоры.

5.4.1. При определении нормативных нагрузок на опоры следует учитывать влияние следующих сил:

- распорного усилия сильфонных компенсаторов, (P_p),
- жесткости сильфонных компенсаторов, ($P_{ж}$),
- усилия от трения в подвижных опорах на участках канальных и надземных прокладок, или трения трубопровода о грунт на участках бесканальной прокладки, ($P_{тр}$),
- усилия от напряжения, возникающего в прямолинейном участке трубопровода при критических отказах, связанных с нерасчетным похолоданием, ($P_{жнВ}$).

Кроме того, следует учитывать в конкретных расчетных схемах трубопроводов:

- неравновешенные силы внутреннего давления (P_H),
- упругую деформацию гибких компенсаторов или самокомпенсации (P_x, P_y),
- ветровую нагрузку при надземной прокладке ($P_{ветер}$),
- сила ($P_{ос}$) от напряжения, возникающего в прямолинейном участке трубопровода при третьем способе применения **осевых СКО, УКО, 2УКО, УКОУ, 2УКОУ** в диапазоне температур от (t_3) до (t_0).

5.4.2. В общем случае нагрузка на неподвижные опоры должна приниматься по наибольшей горизонтальной осевой и боковой нагрузке от сочетания сил, перечисленных в пункте 5.3.2, при любом рабочем режиме трубопровода, при гидравлических испытаниях и при проверке на живучесть.

5.4.3. Распорное усилие от внутреннего давления (P_p) определяется по формуле:

$$P_p = 1,25 P_{раб} \cdot S_{эф}, \text{ Н} \quad [33]$$

5.4.4. Усилие, возникающее вследствие жесткости осевого хода сильфонного компенсатора ($P_{ж}$) определяется:

$$P_{ж} = C_{\lambda} \cdot \lambda_{-1}, \text{ Н}; \quad [34]$$

5.4.5. Сила трения ($P_{тр}$) в подвижных опорах и трубопровода о грунт (при бесканальной прокладке) определяется:

$$P_{тр} = \mu \cdot (0,75 \cdot \gamma \cdot Z \cdot \pi \cdot D_{об} \cdot 10^{-3} + q_{трубы}) \cdot L_M, \text{ Н}; \quad [35]$$

5.4.6. Сила [$P_{ос}$] от напряжения, возникающего в заземленном прямолинейном участке опорожненного трубопровода при надземной прокладке при критических отказах, связанных с нерасчетным похолоданием:

$$P_{ос} = [\alpha \cdot E \cdot (t_0 - t_{мин})] \cdot F_{ст}, \text{ Н} \quad [36]$$

5.4.7. Суммарные горизонтальные осевые нагрузки на неподвижные опоры в рабочих режимах и при гидравлических испытаниях должны определяться:

- на концевую опору, как сумма сил:

$$\Sigma P = P_p + P_{ж} + P_{тр}, \text{ Н}; \quad [37]$$

При установке СКСТ (до его заварки):

$$\Sigma P = P_p + P_{ос}, \text{ Н}; \quad [38]$$

- на промежуточную опору, как разность сумм сил, действующих с каждой стороны опоры. При этом, нагрузки на промежуточную неподвижную опору от участков трубопроводов (с диаметрами D_{y1} и D_{y2}), расположенных по обе стороны опоры, определяются по формулам:

а) при $D_{y1} > D_{y2}$:

от распорных усилий компенсаторов:

$$P_p = P_{p1} - P_{p2}, \text{ Н}; \quad [39]$$

при установке **СКСТ** (до его заварки):

$$\Sigma P = (P_p - P_c)_1 - (P_p + P_c)_2 \quad [40]$$

от жесткости компенсаторов:

$$P_{жс} = 1,3 \cdot P_{жс1} - 0,7 \cdot P_{жс2}, \text{ Н}; \quad [41]$$

- от сил трения при $L_1 = L_2$:

$$P_{мп} = 1,3 \cdot P_{мп1} - 0,7 \cdot P_{мп2}, \text{ Н}; \quad [42]$$

б) при $D_{y1} = D_{y2}$:

$$P_{жс} = 0,6 \cdot P_{жс1}, \text{ Н}; \quad [43]$$

- от сил трения при $L_1 = L_2$:

$$P_{мп} = 0,3 \cdot P_{мп1}, \text{ Н}; \quad [44]$$

5.4.8. При проверке на живучесть надземно проложенных трубопроводов с **осевыми СКО** и **УКО, 2УКО, УКОУ, 2УКОУ**, имеющими ограничители нерасчетного расширения сильфонов, суммарные горизонтальные осевые нагрузки на неподвижные опоры определяются без учета веса воды, сил трения на подвижных опорах и внутреннего давления теплоносителя:

- на концевую опору:

$$\Sigma P_{жив} = P_{жс} + P_{сжс}, \quad [45]$$

- на промежуточную опору - как разность сумм сил, действующих с каждой стороны опоры. При этом, нагрузки на промежуточную неподвижную опору от участков трубопроводов (с диаметрами D_{y1} и D_{y2}), расположенных по обе стороны опоры, определяются по формулам:

а) при $D_{y1} > D_{y2}$:

$$P_{жив} = 0,6 P_{жс1} + P_{сжс1} - P_{сжс2}, \text{ Н}; \quad [46]$$

б) при $D_{y1} = D_{y2}$:

$$P_{жив} = 0,6 P_{жс1}, \text{ Н}; \quad [47]$$

5.4.9. Формулы составлены из условия установки на смежных участках трубопроводов **осевых компенсаторов** с жесткостью сильфонов, отличающихся не более $\pm 30\%$. В случае неизбежности установки на смежных участках компенсаторов с большей разностью жесткостей нагрузки на промежуточные неподвижные опоры от жесткости соответственно пересчитываются с учетом фактической разницы жесткостей.

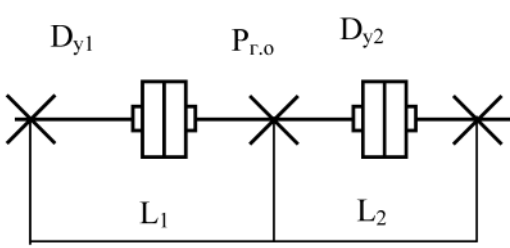
5.4.10. При наличии на расчетных участках трубопроводов углов поворота или Z-образных участков в суммарных нагрузках на неподвижные опоры должны учитываться силы упругой деформации от этих участков [P_x и P_y], которые определяются расчетом труб на самокомпенсацию.

5.4.11. При равенстве сил, действующих с каждой стороны промежуточной неподвижной опоры, горизонтальная осевая нагрузка на неподвижную опору определяется по сумме сил, действующих с одной стороны неподвижной опоры с коэффициентом 0,3.

5.4.12. Суммарная горизонтальная боковая нагрузка на неподвижные опоры должна учитываться при поворотах трассы и ответвлений трубопровода. При этом при двухсторонних ответвлениях боковая нагрузка на неподвижную опору учитывается только от ответвления с наибольшей нагрузкой.

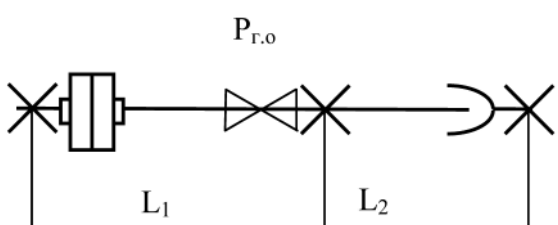
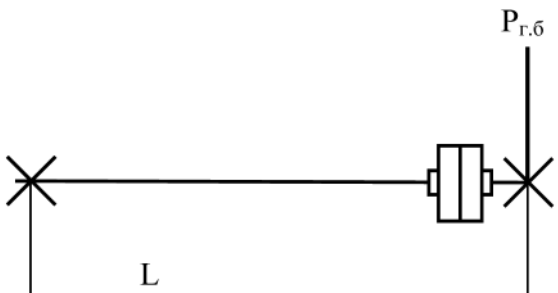
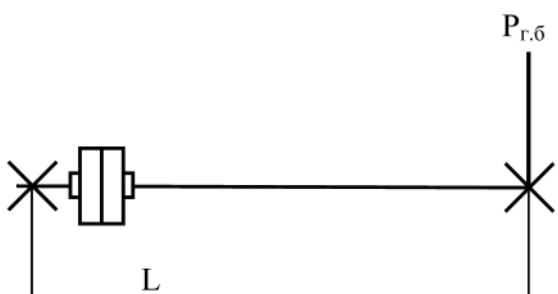
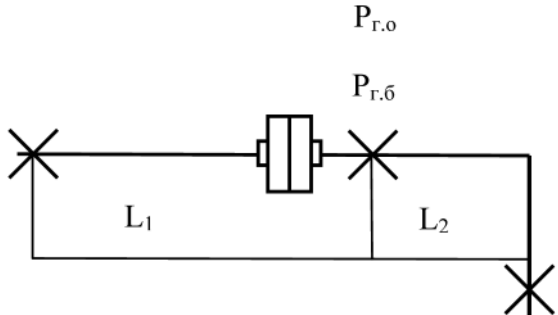
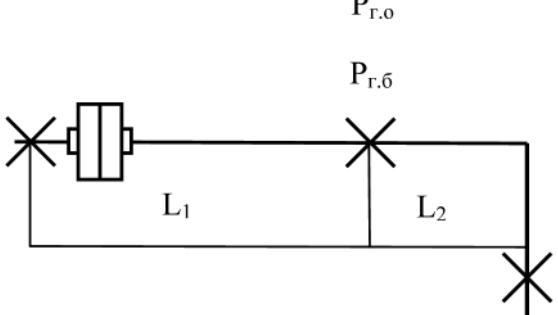
5.4.13. Расчетные формулы для определения суммарных горизонтальных нормативных нагрузок на неподвижные опоры для наиболее характерных схем установки **осевых СКО** и **УКО, 2УКО, УКОУ, 2УКОУ** приведены в Таблице 3.

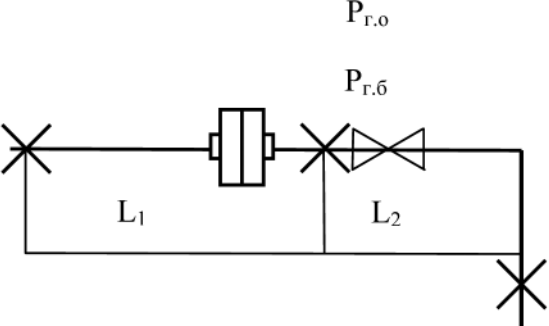
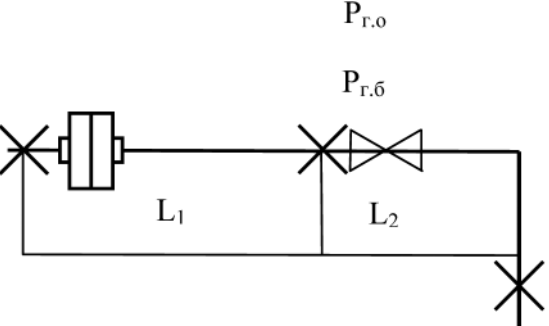
Таблица 3. Расчетные формулы для определения суммарных горизонтальных нормативных нагрузок на неподвижные опоры труб ($P_{г.о.}$, $P_{г.б.}$)

Схема расчетного участка трубопровода	Расчетные формулы
1	2
	$D_{y1} > D_{y2}$ $P_{г.о.} = 1,3 P_{жс1} - 0,7 P_{жс2} + (P_{p1} - P_{p2})$ $D_{y1} = D_{y2}$ $P_{г.о.} = 0,6 P_{жс}$

1	2
	$P_{r.o} = 1,3P_{ж1} + P_{p1}$ $P_{r.o} = 1,3P_{ж2} + P_{p2}$
	$D_{y1} > D_{y2}$ $P_{r.o} = (1,3P_{ж1} + P_{tp1}) - 0,7(P_{ж2} + P_{tp2}) + (P_{p1} - P_{p2})$ $P_{r.o} = (1,3P_{ж1} + P_{tp2}) - 0,7(P_{ж2} + P_{tp1}) + (P_{p1} - P_{p2})$ $D_{y1} = D_{y2}$ $P_{r.o} = 0,6P_{ж} + 0,3P_{tp}$ $L_1 = L_2$
	$P_{r.o} = 1,3P_{ж1} + P_{p1} + P_{tp1}$ $P_{r.o} = 1,3P_{ж2} + P_{p2} + P_{tp2}$
	$D_{y1} > D_{y2}$ $P_{r.o} = (1,3P_{ж1} + P_{tp1}) - 0,7P_{ж2} + (P_{p1} - P_{p2})$ $D_{y1} = D_{y2}$ $P_{r.o} = 0,6P_{ж} + P_{tp}$
	$P_{r.o} = 1,3P_{ж1} + P_{tp1} + P_{p1}$ $P_{r.o} = 1,3P_{ж2} + P_{p2}$
	$P_{r.o} = 1,3P_{ж1} + P_{pb} + P_{tp}^c$

1	2
	$P_{г.о} = 1,3P_{ж1} + P_{p1}$ $P_{г.о} = P_{tp}^c + P_{вд}$
	$P_{г.о} = 1,3P_{ж1} + P_{pв} + P_{tp2} + P_{tpc}$
	$P_{г.о} = 1,3P_{ж1} + P_{p1}$ $P_{г.о} = P_{вд} + P_{pв} + P_{tp1} + P_{tpc}$
	$P_{г.о} = 1,3P_{ж1} + P_{pв} + P_{tp1} + P_{tpc}$
	$P_{г.о} = 1,3P_{ж1} + P_{p1} + P_{tp1}$ $P_{г.о} = P_{вд} + P_{tpc}$
	$P_{г.о} = 1,3P_{ж1} + P_{pв} + P_{tp1} - 0,7(P_{tp2} + P_{tpc})$ $P_{г.о} = 1,3P_{ж1} + P_{pв} + P_{tp1} - 0,7P_{tp1} + P_{tpc}$

1	2
	$P_{гр.о} = 1,3P_{ж1} + P_{p1} + P_{tp1}$ $P_{гр.о} = P_{вд} + P_{tp2} + P_{tpc}$
	$P_{гр.б} = 1,3P_{ж} + P_p$
	$P_{гр.б} = 1,3P_{ж1} + P_p + P_{tp2}$
	$P_{гр.о} = 1,3P_{ж1} + P_{tp2} + P_{p1} - 0,7P_x$ $P_{гр.о} = P_{p1} + P_{tp2} - 0,7(1,3P_{ж1})$ $P_{гр.о} = P_y$ $P_{гр.о} = P_{p1} + 1,3P_{ж} - 0,7P_{tp2}$
	$P_{гр.о} = 1,3P_{ж1} + P_{tp1} + P_{p1} - 0,7(P_{tp2} + P_x)$ $P_{гр.о} = 1,3P_{ж1} + P_{tp2} + P_{p1} - 0,7(P_{tp1} + P_x)$ $P_{гр.б} = P_y$

1	2
	$P_{г.о} = 1,3P_{ж1} + P_{p1}$ $P_{г.о} = P_{тр2} + P_x$ $P_{г.б} = P_y$
	$P_{г.о} = 1,3P_{ж1} + P_{тр1} + P_{p1}$ $P_{г.о} = P_{тр2} + P_x$ $P_{г.б} = P_y$

При нескольких расчетных формулах для одной схемы в качестве нагрузки принимают большую.

5.5. Установка осевых и стартовых компенсаторов на монтаже.

5.5.1. На рабочих чертежах трубопроводов тепловых сетей следует приводить таблицу монтажных длин **осевых и стартовых компенсаторов** в зависимости от температуры наружного воздуха, при которой ведется монтаж.

5.5.2. Монтажная длина компенсатора определяется:

Для I способа применения **осевых СКО** и **УКО, 2УКО, УКОУ, 2УКОУ**:

$$L_{монт} = L_{ску} + [0,5 \cdot (t_1 + t_o) - t_{монт}] \cdot L \cdot \alpha \cdot 1,1 \quad [48]$$

Для II способа применения **осевых СКО** и **УКО, 2УКО, УКОУ, 2УКОУ**:

$$L_{монт} = L_{ску} + [0,5 \cdot (t_1 + t_{мин}) - t_{монт}] \cdot L \cdot \alpha \cdot 1,1 \quad [49]$$

Для III способа применения **осевых СКО** и **УКО, 2УКО, УКОУ, 2УКОУ**:

$$L_{монт} = L_{ску} + [0,5 \cdot (t_1 + t_э) - t_{монт}] \cdot L \cdot \alpha \cdot 1,1 \quad [50]$$

где:

$L_{ску}$ - паспортная длина **СКО** или **УКО, 2УКО, УКОУ, 2УКОУ**, мм;

t_1 - максимальная рабочая температура теплоносителя, °C;

$t_{мин}$ - минимум температур наружного воздуха в данной местности. Определяется по согласованию с заказчиком по СНиП 23-01-99 «Строительная климатология» или по заданному коэффициенту обеспеченности (например, $t_{мин} (0,98)$), °C;

$t_э$ - минимальная температура в условиях эксплуатации;

($t_{монт}$, $t_{упора}$ или любая другая температура). Выбор (расчет) $t_э$ выполняется проектировщиком по согласованию с заказчиком и эксплуатирующей организацией;

$t_{упора}$ - температура стенки трубопровода в момент упора полностью растянутого сильфона в ограничитель;

$t_{монт}$ - монтажная температура, °C;

t_o - расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления (средняя температура наружного воздуха наиболее холодной пятидневки, обеспеченностью 0,92) по СНиП 23-01-99 «Строительная климатология», °C;

L - длина компенсируемого участка, м;

α - коэффициент линейного расширения стали, мм/мм°C;

1,1 - коэффициент, учитывающий неточности расчета и погрешности монтажа.

Для IV способа прокладки (с использованием **СКСТ**):

СКСТ поставляются в растянутом состоянии.

5.6. Прокладка трубопроводов с осевыми и стартовыми компенсаторами.

5.6.1. При использовании **СКО** и **УКО, 2УКО, УКОУ, 2УКОУ** в зонах вечномёрзлых грунтов дополнительно следует соблюдать требования СНиП 2.02.04-88 «Основания и фундаменты на вечномёрзлых грунтах», СНиП 2.02.01-83 «Основания зданий и сооружений», СНиП 3.02.01-87 «Земляные сооружения, основания и фундаменты».

5.6.2. При подземной прокладке трубопроводов в каналах или туннелях, а также при надземной прокладке и в помещениях осевые **СКО, УКО, 2УКО, УКОУ, 2УКОУ** могут устанавливаться в любом месте трубопровода, если нет препятствий для возможности свободных перемещений наружного защитного кожуха вместе с частью трубопроводов.

5.6.3. При использовании компенсаторов типа **СКО, УКО, 2УКО** для бесканальной прокладки трубопровода необходимо выполнить тепло- и гидроизоляцию компенсаторов.

5.6.4. При бесканальной прокладке трубопровода односильфонные **УКО** должны устанавливаться, как правило, а, двухсильфонные **2УКО** – строго посередине пролета между двумя неподвижными опорами (или условно неподвижными сечениями прямого трубопровода). При этом при растяжении **УКО, 2УКО** необходимо обеспечить одинаковые перемещения патрубков относительно торцов кожуха.

При невозможности установки при бесканальной прокладке односильфонных **УКО** в середине прямолинейного участка трубопровода между двумя неподвижными опорами (или условно неподвижными сечениями прямого трубопровода) допускается его установка в любом месте прямолинейного участка трубопровода. При этом при растяжении компенсатора необходимо обеспечить перемещения патрубков относительно торцов кожуха обратно пропорциональными длинам участков трубопровода между компенсаторами и неподвижными опорами.

5.6.5. При бесканальной прокладке трубопроводов с **осевыми и стартовыми компенсаторами** под улицами и дорогами местного значения, автомобильными дорогами V категории, а также внутрихозяйственными автомобильными дорогами категории Шс должны применяться трубы с толщиной стенки, исключающей овализацию труб под влиянием давления грунта и напряжений вследствие дорожного движения. При подземной прокладке трубопровода не допускается установка **СКО** и **УКО, 2УКО** в зоне проезжей части автомагистралей I категории.

5.6.6. При подземном пересечении дорог и улиц должны соблюдаться правила, изложенные в пунктах 6.12*-6.20* и приложении 6 к СНиП 2.04.07-86*.

5.6.7. Камеры по трассе трубопровода для **осевых СКО** и **УКО, 2УКО** могут сооружаться по требованию заказчика или эксплуатирующей организации.

5.6.8. Расстояние в свету от ограждающих конструкций камер, тоннелей и каналов до теплоизоляции **осевого СКО** и **УКО, 2УКО** а также между соседними компенсаторами должно быть не менее:

для диаметров трубопроводов до 500 мм - 100 мм,

для диаметров трубопроводов более 500 мм - 150 мм.

При невозможности соблюдения указанных расстояний компенсаторы устанавливаются в разбежку со смещением в плане не менее 100 мм.

5.6.9. В камерах должны предусматриваться проходы размером не менее:

для трубопроводов диаметром до 500 мм - 600 мм,

для трубопроводов диаметром более 500 мм - 700 мм.

Кроме того, габариты камер должны обеспечивать возможность перехода через трубопроводы сверху или снизу размером в свету не менее 700 мм.

5.6.10. Рекомендуется применять неподвижные шитовые сборные опоры заводского изготовления с вмонтированными в них изолированными отрезками труб с приваренными к ним опорными фланцами, выступающими над изоляцией.

6. Особенности ведения строительства тепловых сетей с осевыми и стартовыми компенсаторами

6.1 Общая часть.

6.1.1. При строительстве новых, расширении, реконструкции, техперевооружении и ремонте действующих тепловых сетей с **осевыми и стартовыми компенсаторами** следует руководствоваться требованиями проектной техдокументации.

Основными нормативными документами являются СНиП 41-02-2003 «Тепловые сети». Следует также соблюдать СНиП Ш-42-80 «Магистральные трубопроводы», СНиП 3.02.01-87 «Земляные сооружения. Основания и фундаменты», СНиП 2.04.14-88 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов», «Правила устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды», «Правила технической эксплуатации электростанций и сетей».

6.1.2. Строительство тепловых сетей включает следующие основные процессы:

- разбивку трассы;
- транспортировку труб или трубопроводов заводского изготовления. Хранение;
- земляные работы;
- раскладку трубопроводов;
- сварку трубопроводов;
- устройство неподвижных опор;
- монтаж трубопроводов;
- монтаж осевых компенсаторов;
- монтаж сигнальной системы оперативного дистанционного контроля за увлажнением изоляции (при подземной прокладке трубопроводов в ППУ-изоляции).

6.1.3. Разбивку трассы тепловых сетей следует производить в соответствии с проектом организации строительства (ПОС) и проектом производства работ (ППР).

6.2. Ведение земляных работ.

6.2.1. При подземной прокладке в каналах и при надземной прокладке земляные работы следует производить в соответствии с требованиями СНиП 3.02.01-87 «Земляные сооружения. Основания и фундаменты», СНиП Ш-42-80 «Магистральные трубопроводы».

6.2.2. При бесканальной прокладке дополнительно должны быть выполнены следующие требования:

- рытье траншеи должно производиться без нарушения естественной структуры грунта в основании. Разработка траншеи производится с недобором 0,1-0,15 м. Зачистка производится вручную. В случае разработки грунта ниже проектной отметки на дно должен быть подсыпан песок до проектной отметки с тщательным уплотнением ($K_{упл}$ не менее 0,98) на глубину не более 0,5 м;

- осуществлено устройство:

а) приемков (не менее 0,6 м в каждую сторону от теплопроводов) для установки **осевых и стартовых компенсаторов**, арматуры, отводов, тройников, для удобства ведения сварки и изоляции стыков труб;

б) расширенной траншеи по размерам, приведенным в проектной документации, для установки демпферных подушек, устройства камер, дренажной системы и др;

- обеспечено достаточное пространство для укладки, поддержки и сборки труб на заданной глубине, а также для удобства и качества уплотнения материала при обратной засыпке вокруг трубопроводов;

- на дне траншеи следует предусматривать песчаную подсыпку толщиной 100-250 мм. Перед устройством песчаного основания (пластового дренажа) следует провести осмотр дна траншеи, выровненных участков перебора грунта, проверку уклонов дна траншеи, их соответствия проекту. Результаты осмотра оформляются актом на скрытые работы.

6.2.2.1. Обратная засыпка при бесканальной прокладке должна производиться послойно с одновременным уплотнением в комбинации со смачиванием. При ручном уплотнении толщина слоя не должна быть более 100 мм, при механической трамбовке - до 300 мм:

- в местах установки **осевых и стартовых компенсаторов** в зоне наибольшего движения трубопроводов при температурных деформациях, необходимо вести послойное уплотнение ($K_{упл} \geq 0,97-0,98$) как пространства между теплопроводами, так и между трубопроводами и стенками траншеи. Над верхом полиэтиленовой оболочки изоляции труб и **осевых и стартовых компенсаторов** обязательно устройство защитного слоя из песчаного грунта толщиной не менее 100 мм. Засыпной материал не должен содержать камней, щебня, гранул с размером зерен более 16 мм, остатков растений, мусора, глины. Стыки засыпают после гидравлических испытаний и теплогидроизоляции;

- в зоне компрессии (слой над трубопроводом и **осевым и стартовым компенсатором** до поверхности)

засыпка должна производиться материалом (песком, песчаным грунтом), не содержащим камней;

- на поверхности необходимо восстановление тех же слоев покрытия, газонов, тротуаров, которые были до начала работ. Под любым асфальтовым покрытием укладывается стабилизирующий гравийный слой;

- в тех местах, где глубина выемки грунта, грунтовые характеристики или стесненные условия прокладки не позволяют вырыть обычную траншею с откосами и специальные приямки для размещения **осевых и стартовых компенсаторов**, следует осуществлять вертикальное крепление траншеи и приямков;

- при высоком уровне стояния грунтовых вод должно производиться дренирование траншеи.

6.3. Монтаж трубопроводов с осевыми и стартовыми компенсаторами.

6.3.1. При подземной прокладке в непроходных каналах и туннелях, надземной прокладке, а также в помещениях, монтаж, укладку и сварку трубопроводов с **осевыми и стартовыми компенсаторами** следует руководствоваться СНиП 3.05.03—85 «Тепловые сети» с учетом требований технических условий ЗАО «Энергомаш (Белгород) - БЗЭМ»: ТУ ЗИЗ-007-89676552-2010.

6.3.2. До начала работ по монтажу **осевых и стартовых компенсаторов** при прокладке тепловых сетей под землей в каналах или туннелях, а также при надземной прокладке и в помещениях необходимо смонтировать и закрепить трубопроводы неподвижными и направляющими опорами. Для трубопроводов диаметром до 500 мм неподвижные опоры должны устанавливаться, как правило, заводской сборки с вмонтированными в них изолированными отрезками труб.

6.3.3. Врезку **осевых и стартовых компенсаторов** в трубопроводы следует производить в местах, предусмотренных проектной техдокументацией.

6.3.4. Не допускается нагружать **осевые и стартовые компенсаторы** весом присоединяемых участков труб, машин и механизмов.

6.3.5. Монтаж трубопроводов с **осевыми и стартовыми компенсаторами** должен производиться при положительной температуре наружного воздуха. При температурах наружного воздуха ниже минус 15°C перемещения трубопроводов и осевых и стартовых компенсаторов на открытом воздухе не рекомендуются.

Монтажные и сварочные работы при температурах наружного воздуха ниже минус 10°C должны производиться в специальных кабинах, в которых температура воздуха в зоне сварки должна поддерживаться не ниже указанной.

6.3.6. Перед монтажом на концы патрубков осевых компенсаторов, предназначенных для подземных трубопроводов (при установке в каналах, тоннелях, а также бесканальной прокладке) с ППУ-, АПБ- и ППМ-изоляция должна быть предварительно нанесена тепло-гидроизоляция. При этом должны соблюдаться требования в части исключения попадания грунтовых вод под наружный защитный кожух. Допускается тепловую изоляцию патрубков **осевых УКО, 2УКО** наносить одновременно с нанесением теплоизоляции на стык **осевых УКО, 2УКО** с трубопроводом. Теплогидроизоляция не должна препятствовать свободному перемещению подвижной части **осевых УКО, 2УКО** относительно наружного защитного кожуха. Для всех способов прокладки трубопровода, кроме бесканальной, кожух можно теплоизолировать матами из минеральной ваты.

6.3.7. В случаях испытания трубопроводов давлением испытания большим давлением гидроиспытания самого компенсатора, и для избежания повреждения компенсаторов монтаж **осевых компенсаторов** осуществляется следующим образом:

- после проведения предварительных испытаний трубопроводов на прочность и герметичность из смонтированного трубопровода на месте, указанном в проекте, вырезается участок («катушка»). Монтажная длина вырезаемого участка («катушки») должна вычисляться в зависимости от способа применения **осевых компенсаторов** и температуры наружного воздуха в период монтажа по формулам [48, 49, 50];

- концы труб зачищаются от брызг, наплывов металла и остатков изоляции. У труб с толщиной стенки более 3 мм следует снять фаски;

- на место «катушки» устанавливается осевой компенсатор. Приварка его производится с одной стороны;

- с помощью специальных монтажных приспособлений или натяжных монтажных устройств осуществляется растяжка компенсатора (при необходимости) и его состыковка (сварка) со свободным концом трубы.

При выполнении сварочных работ **осевые компенсаторы** должны быть защищены от попадания брызг расплавленного металла.

6.3.8. После проведения контрольного осмотра и гидравлического испытания патрубки осевых компенсаторов покрываются тепловой и гидроизоляцией.

6.3.9. Система трубопроводов с **СКСТ** полностью монтируется в траншее и засыпается (за исключением собственно **СКСТ**).

6.3.9.1 Пример расчета и выбора настройки **СКСТ**, если компенсатор располагается посередине участка трубопровода, производится следующим образом:

Определяется размах колебаний напряжения при нагреве трубопровода от температуры монтажа до рас-

четной температуры теплоносителя:

$$\Delta\sigma = \alpha \cdot E \cdot (t_I - t_{\text{мон}}) \cdot 10^{-3} \quad [51]$$

$\Delta\sigma$ - размах колебаний напряжения

t_I - температура теплоносителя

$t_{\text{мон}}$ - температура монтажа

Находится запас напряжений для сил трения при работе системы с полной нагрузкой:

$$\sigma_1 = 2\sigma_{\text{дон}} - \Delta\sigma \quad [52]$$

$$\sigma_2 = \Delta\sigma - \sigma_{\text{дон}} \quad [53]$$

Рассчитывается допустимая монтажная длина участка трубопровода при работе системы с полной нагрузкой:

$$l_{\text{дон}} = \frac{\sigma_1 \cdot F_{\text{см}}}{f_{\text{тр}}} \quad [54]$$

$F_{\text{см}}$ - площадь попересного сечения стенки трубы, мм

$f_{\text{тр}}$ - удельная сила трения на единицу длины, Н/мм

Температура нагрева, при которой **СКСТ** должен завариваться, определяется из:

$$\sigma_2 = \Delta\sigma - \sigma_{\text{дон}} = \alpha \cdot E \cdot (t_I - t_{\text{мон}}) \cdot 10^{-3} - \sigma_{\text{дон}} \quad [55]$$

$$t_n = t_{\text{мон}} + \frac{\sigma_{\text{дон}}}{\alpha \cdot E} \quad [56]$$

t_n - температура нагрева.

СКСТ устанавливают для возможности восприятия следующей величины удлинения:

$$\Delta l_{\text{дон}} = \alpha \cdot (t_1 - t_{\text{мон}}) \cdot l_{\text{дон}} - \frac{f_{\text{тр}} \cdot l_{\text{дон}}^2}{2 \cdot E \cdot F_{\text{см}}} \quad [57]$$

Если участки с двух сторон компенсатора одинаковы, то

$$\Delta L_{\text{дон}} = 2 \cdot \Delta l_{\text{дон}} \quad [58]$$

6.3.9.2. Монтаж **СКСТ** состоит из следующих этапов:

- в месте установки **СКСТ** на трубопроводе вырезается участок длиной L ;
 - на место вырезанного участка трубы устанавливается **СКСТ**. Производится центровка его по отношению к торцам основной трубы;
 - патрубки **СКСТ** приварить к трубопроводу стыковыми сварными швами;
 - во время монтажа не допускается нагружать компенсатор крутящим и изгибающим моментами, а также поперечными усилиями от массы труб, арматуры, механизмов и других конструкций;
 - трубопровод заполнить водой и испытать на прочность пробным давлением, равным $1,25P_y$;
 - трубопровод заполнить теплоносителем и нагреть до температуры, равной 50% от максимальной рабочей температуры; при этом **СКСТ** должен сжаться на величину рабочего хода;
 - после выдержки при указанной выше температуре кожухи **СКСТ** заварить между собой катетом шва не менее указанного в таблице 20 с последующим контролем согласно требованиям ПБ 10-573-03. Тем самым, сильфон исключается из дальнейшей работы трубопровода.
 - пропустить над кожухами **СКСТ** провода системы ОДК, избегая их контакта с металлическими поверхностями, и соединить их с проводами системы ОДК, проложенными в пенополиуретановой изоляции труб;
 - установить термоусаживающуюся полиэтиленовую манжету, под которую нанести пенополиуретановую изоляцию;
 - отверстие в термоусаживающейся манжете заварить.
- 6.3.10. Обратная засыпка при бесканальной прокладке выполняется в соответствии с рекомендациями пункта 6.2.2.

6.4. Изоляция стыков осевых компенсаторов с трубопроводами.

6.4.1. До устройства теплогидроизоляции при отсутствии на концах свариваемых с **осевыми компенсаторами** труб заводского антикоррозионного покрытия необходимо выполнить следующие работы:

- очистить поверхность стыкового соединения (неизолированные концы труб) от грязи, ржавчины, окалин;
- просушить газовой горелкой;
- нанести на стык антикоррозионную мастику, например, МБР-ОС-Х-150 (-200, -250) в три слоя.

6.4.2. Работы по теплогидроизоляции стыков необходимо производить по технологическим инструкциям заводов-производителей трубопроводов в зависимости от конструкции теплоизоляционного покрытия и вида прокладки (бесканальная, канальная, надземная, в туннелях, в помещениях).

6.4.3. При бесканальной прокладке трубопроводов в ППУ-изоляции перед сваркой на место «катушек» **осевых компенсаторов** на полиэтиленовую оболочку трубопроводов должны быть надеты термоусаживающиеся муфты (манжеты) заводской готовности, выполненные из радиационно-модифицированного полиэтилена.

6.4.3.1. Изоляцию стыков допускается выполнять скорлупами. Рекомендуется изолировать стыки путем заливки теплоизоляционной вспенивающейся пенополиуретановой композиции (ППУ-композиции) под опалубку. Между изоляцией сваренных труб и скорлупами не должно быть никаких зазоров.

6.4.3.2. При изоляции стыков путем заливки ППУ-композиции необходимо:

- выполнить очистку наружной поверхности стыкового соединения, предварительно удалив слой ППУ с торцевых поверхностей труб на длину до 30 мм;
- соединить провода сигнальной системы оперативного дистанционного контроля за увлажнением ППУ;
- наложить оцинкованный лист (0,5–0,7 мм) стали на стык с заходом на концы труб оболочек не менее 20 мм с каждой стороны, закрепив его бандажными лентами с зажимами (или винтами-саморезами). Просверлить отверстие для заливки ППУ-композиции;
- приготовить ППУ-композицию по рекомендациям завода-изготовителя;
- залить ППУ-композицию в заливочное отверстие и выдержать необходимую для полимеризации паузу 30 минут;
- снять зажимы и бандажные ленты, закрыть заливочное отверстие металлической пластиной и закрепить винтами-саморезами;

- подготовить поверхность полиэтиленовой оболочки по обе стороны от стыка, удалить грязь, обезжирить, зачистить наждачной бумагой и активировать поверхность полиэтиленовой оболочки путем прогрева газовой горелкой до температуры не более 60°C;

- прогреть поверхность, на которую будет укладываться термоусадочная лента до 30–40°C. Рекомендуется эту операцию проводить одновременно с процессом активации полиэтиленовой оболочки;

- наложить термоусадочную муфту на стыковое соединение с расчетом закрытия боковых поверхностей прилегающих полиэтиленовых оболочек на 10–15 см. На шов ленты накладывается фиксатор;

- термоусадка ленты осуществляется с помощью пропановой горелки до полной усадки ленты. Пламя горелки регулируется так, чтобы оно было желтым.

6.4.3.3. Соединения полиэтиленовой оболочки должны производиться в соответствии с инструкциями производителя трубопроводов.

6.4.3.4. Соединения рекомендуется выполнять с двумя уплотнениями на герметичность (под двойным уплотнением подразумевается два метода уплотнения, которые действуют и выполняются независимо друг от друга). Соединения, выполненные без двойного уплотнения, должны пройти испытания на плотность.

6.4.3.5. При высоком стоянии грунтовых вод следует предпринять дополнительные мероприятия для защиты от проникновения воды под оболочку трубопроводов по инструкции производителя трубопроводов.

6.4.3.6. Сборка, опрессовка и изоляция соединения должна производиться в один и тот же день. Слесарь-сборщик должен нанести на соединение маркером свое клеймо.

6.4.4. Изоляцию стыков при бесканальной прокладке трубопроводов в ППМ-изоляции рекомендуется выполнять путем заливки теплоизоляционной пенополимербетонной вспенивающейся композиции (ППМ-композиции) под опалубку. Допускается применять скорлупы, соединенные между собой посредством специальной мастики. Между изоляцией сваренных труб и скорлупами не должно быть никаких зазоров.

6.4.4.1. При изоляции стыков путем заливки ППМ-композиции необходимо:

- установить съемную инвентарную опалубку на стык заливочным отверстием вверх, захватывая заводскую ППМ-изоляцию на концах труб внахлест с каждой стороны по 100 мм;

- приготовить ППМ-композицию с помощью передвижного смесителя. Допускается ручное приготовление ППМ-композиции из компонентов, поставляемых производителем трубопроводов;

- залить подготовленную ППМ-композицию через заливочное отверстие под опалубку. Вспенивание происходит в течение 1–2 минут;

- выдержать в течение 30 минут и снять съемную инвентарную опалубку.

6.4.4.2. Изоляция стыков СКСТ описана в п. 6.4.3.

6.5. Монтаж сигнальной системы.

6.5.1. Монтаж сигнальной системы должен выполняться в полном соответствии с инструкциями производителя по специальному проекту.

6.5.2. В теплоизоляцию **осевых и стартовых компенсаторов** в заводских условиях или на монтажной пло-

шадке следует закладывать не менее двух проводников-индикаторов. Концы проводников-индикаторов должны выступать с обеих сторон не менее, чем на 100 мм для удобства соединения с общей сигнальной системой трубопроводов.

6.5.3. Соединение проводников-индикаторов **осевых и стартовых компенсаторов** с общей сигнальной системой необходимо производить после окончания сварочных работ перед изоляцией стыков патрубков **осевых и стартовых компенсаторов** с трубопроводом. Проводники-индикаторы нигде не должны касаться металла труб. После документального оформления присоединения проводников-индикаторов **осевых и стартовых компенсаторов** к общей сигнальной системе и проверке соответствия их сопротивлений заводским данным следует выполнить изоляцию стыков.

7. Испытания компенсаторов и трубопроводов с осевыми и стартовыми компенсаторами

7.1. Общие положения.

7.1.1. При проведении испытаний тепловых сетей с **осевыми и стартовыми компенсаторами** следует соблюдать строительные нормы и правила Российской Федерации СНиП 41-02-2003, «Правила устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды» (ПБ 10-573-03), «Правила техники безопасности при эксплуатации тепломеханического оборудования электрических станций и тепловых сетей» (РД 34.03.201-97).

7.1.2. Испытания **всех типов компенсаторов** проводятся предприятием ЗАО «Энергомаш (Белгород) - БЗЭМ» на базовых сильфонных компенсаторах по техническим условиям ТУ ЗИЗ-007-89676552-2010 в следующем объеме:

- приемо-сдаточные,
- приемочные,
- периодические.

7.1.2.1. Приемо-сдаточные испытания осуществляется техническим контролем предприятия ЗАО «Энергомаш (Белгород) - БЗЭМ» в порядке, действующем в отрасли. Приемо-сдаточным испытаниям подвергаются 100% компенсаторов в каждой партии, в соответствии с «Программа и методика приемо-сдаточных испытаний» (ПСК 008.000 ПМ).

7.1.2.2. Приемочным испытаниям подвергаются **все типы компенсаторов** при контрольном испытании опытных образцов, опытных партий продукции или изделий единичного производства, проводимые соответственно с целью решения вопроса о целесообразности постановки этой продукции на производство и (или) использования по назначению.

7.1.2.3. Приемочные испытания проводятся аккредитованной специализированной организацией при участии предприятия-разработчика и основного потребителя, а при необходимости и представителя надзорного органа.

7.1.2.4. Приемочным испытаниям предшествуют приемо-сдаточные испытания.

7.1.2.5. Приемочные испытания проводят по программе в соответствии с ГОСТ 28697 и «Программа и методика приемочных испытаний» (ПСК 005.000 ПМ).

7.1.2.6. Периодические испытаниям подвергаются все типы компенсаторов один раз в 5 лет или в случае возобновления их выпуска после трехлетнего перерыва по программе в соответствии с «Программа и методика периодических испытаний» (ПСК 007.000 ПМ). Испытания проводятся по соответствию ТУ показателей жесткости, вероятности безотказной работы и массы **всех типов компенсаторов**.

7.1.3. Испытание трубопроводов с **компенсаторами всех типов** проводят в соответствии с Правилами объекта применения.

7.1.4. Для трубопроводов с **осевыми компенсаторами** должны быть проведены следующие испытания:

- проверка чистоты трубопроводной системы и **осевых и стартовых компенсаторов**;
- испытания сварных соединений полиэтиленовой оболочки на плотность и прочность при бесканальной прокладке в ППУ-изоляции;
- гидравлические (пневматические) испытания на прочность и плотность стальных труб и **осевых и стартовых компенсаторов**;
- испытания сигнальной системы.

7.2. Проверка чистоты трубопроводной системы.

7.2.1. До, во время и по окончании монтажа следует удостовериться, что внутренняя поверхность труб и **осевых и стартовых компенсаторов** сухая, чистая и свободна от инородных тел.

7.2.2. После окончания монтажа труб и **осевых компенсаторов** следует провести промывку системы во-

дой в соответствии с требованиями СНиП 3.05.03-85 «Тепловые сети».

7.2.3. Если трубопроводы немедленно не вводятся в эксплуатацию, то систему в целом рекомендуется за-консервировать.

7.3. Проверка качества сварных соединений полиэтиленовой оболочки.

7.3.1. Проверка качества сварных соединений производится в соответствии с инструкциями производителя.

7.3.2. При проведении сварки присоединительных патрубков **осевых и стартовых компенсаторов** с трубо-проводами в ППУ-изоляции следует:

- исключить вероятность нагрева пенополиуретановой теплоизоляции до температуры свыше 175°C во избежание образования на рабочем месте токсичных выбросов;

- очистить перед сваркой поверхности неизолированных концов трубопроводов от остатков пенополиуре-тана;

- удалить с грунта на рабочем месте сварщика остатки пенополиуретана.

7.3.3. Рекомендуется проверку на плотность сварных стыков проводить по участкам.

7.4. Гидравлические испытания.

7.4.1. Гидравлические (пневматические) испытания на прочность и плотность стальных труб и **осевых и стар-товых компенсаторов** производятся в соответствии с СНиП 41-02-2003 «Тепловые сети».

7.4.2. Трубопроводы с **осевыми и стартовыми компенсаторами** должны подвергаться предварительно-му и окончательному испытанию на прочность и герметичность.

Предварительные испытания следует выполнять, как правило, гидравлическим способом. Для гидравличе-ского испытания применяется вода с температурой не выше +40°C и не ниже +5°C. Температура наружного воздуха при этом должна быть положительной, каждый испытанный участок герметически заваривается с двух сторон заглушками. Использование для этих целей запорной арматуры не допускается.

Окончательные испытания проводятся после завершения всех строительно-монтажных работ.

7.5. Испытания сигнальной системы.

7.5.1. После присоединения проводников-индикаторов **осевых и стартовых компенсаторов** к общей сигнальной системе и заполнения стыков пеной должны быть завершены следующие работы по сигнальной системе:

- выполнено измерение действительной величины сопротивления проводов;
- выполнено функциональное испытание по инструкции предприятия-изготовителя сигнальной системы;
- проведено моделирование основных возможных неисправностей.

8. Правила эксплуатации тепловых сетей при установке осевых и стартовых компенсаторов

8.1. Приемка в эксплуатацию законченных строительством тепловых сетей с **осевыми и стартовыми ком-пенсаторами** должна производиться в соответствии с указаниями СНиП Ш-3-81 «Приемка в эксплуатацию за-конченных строительством объектов», СНиП 41-02-2003 «Тепловые сети» и техническими условиями TV 3113-007-89676552-2010 ЗАО «Энергомаш (Белгород) - БЗЭМ».

8.2. В состав приемочной комиссии следует включать представителя проектной организации.

8.3. Дополнительно к обязательному перечню актов приемки тепловых сетей в эксплуатацию комиссии должны быть представлены следующие документы:

- акт на качество заполнения стыков труб с **осевыми и стартовыми компенсаторами** теплоизоляцион-ным материалом (пенополиуретаном, пенополимербетоном, минеральной ватой, армопенобетоном и др.);

- акт испытаний на прочность и плотность сварных соединений полиэтиленовой оболочки (при прокладке теплопроводов в ППУ-изоляции);

- акт функциональных испытаний сигнальной системы, включая результаты моделирования возможных не-исправностей,

- акт приемки **осевых и стартовых компенсаторов** предприятием-изготовителем - ЗАО «Энергомаш (Белгород) - БЗЭМ» с приложением результатов приемо-сдаточных испытаний.

8.4. **Осевые и стартовые компенсаторы** не требуют специального обслуживания в эксплуатации. Сроки контрольных осмотров, текущих ремонтов защитных стальных кожухов (футляров), патрубков, переходов, сиг-нальной системы, тепловой и гидроизоляции, а также направляющих опор выполняются эксплуатационной ор-ганизацией одновременно с основным трубопроводом.

8.5. Трущиеся поверхности направляющих опор при контрольных осмотрах следует смазывать.

8.6. Срок службы **осевых и стартовых компенсаторов** определяется содержанием хлоридов в теплоно-

сителе и количеством рабочих циклов (наработкой на отказ) за время эксплуатации.

8.7. Назначенная наработка в течение срока службы при нагружении внутренним давлением и осевым ходом (растяжением, сжатием), с амплитудами, указанными в таблицах 1-12 не менее:

- 50 полных циклов с амплитудами $[\pm\lambda]$ осевого хода — 100%-ый режим,
- 5000 неполных циклов с амплитудами $[\pm\lambda]$ осевого хода, равными 30% полных - 30%-ый режим.

При неполных циклах (менее 30%-ых) или при работе с внутренним давлением ниже расчетного по согласованию с ЗАО «Энергомаш (Белгород) - БЗЭМ» допускается увеличение числа неполных циклов более 5000.

8.8. При установке **осевых компенсаторов** в камерах, помещениях, при надземной прокладке к ним должен быть обеспечен доступ для проведения контрольных осмотров и текущих ремонтов теплоизоляции, восстановления гидрозащитных и антикоррозионных покрытий.

8.9. Пуск, остановка, текущие и контрольные осмотры и испытания трубопроводов с **осевыми и стартовыми компенсаторами** должны производиться в соответствии с эксплуатационными инструкциями и требованиями Правил технической безопасности и Правил технической эксплуатации.

8.10. В процессе эксплуатации надземно проложенные трубопроводы с **осевыми компенсаторами** должны периодически проверяться на соосность в связи с возможностью просадки отдельных подвижных, направляющих и неподвижных опор, что может привести к потере устойчивости. Во избежание заклинивания (вплоть до деформации и разрушения) направляющих опор следует периодически замерять (и восстанавливать) зазор между трубопроводом и конструкциями опор, ограничивающими его боковые перемещения.

9. Требования безопасности

9.1. Компенсаторы должны обеспечивать герметичность относительно внешней среды.

9.2. Монтаж компенсаторов должен выполняться в соответствии с требованиями настоящих РД, Руководству по монтажу и эксплуатации и указаний, изложенных в габаритном чертеже (если таковые имеются).

9.3. Компенсаторы должны эксплуатироваться в соответствии с требованиями настоящих РД и указаний, изложенных в Паспорте.

9.4. При монтаже и эксплуатации компенсаторов следует соблюдать нормы и требования безопасности, действующие на объектах применения указанных изделий.

9.5. К входному контролю, монтажу и эксплуатации, техническому освидетельствованию компенсаторов допускается квалифицированный персонал, изучивший устройство компенсаторов, указания по монтажу и эксплуатации компенсаторов, Правила безопасности, нормативную документацию Ростехнадзора по промышленной безопасности и охране окружающей среды, прошедший проверку знаний и допущенный к проведению работ в установленном порядке.

9.6. При эксплуатации компенсаторов должен вестись учет наработки обеспечивающий контроль достижения назначенных показателей.

Эксплуатация компенсаторов должна быть прекращена при достижении назначенных показателей. Для определения возможности дальнейшей эксплуатации таких компенсаторов должно быть проведено освидетельствование с целью принятия решения о возможности дальнейшей эксплуатации.

9.7. Для обеспечения безопасной работы запрещается:

- эксплуатировать компенсаторы при отсутствии Паспорта;
- использовать компенсаторы для работы в условиях, превышающих условия, указанные в Паспорте;
- нагружать компенсаторы весом оборудования и трубопроводов.

10. Транспортировка и хранение

10.1. В период хранения, транспортирования к месту монтажа и в период монтажа должны быть приняты меры, исключающие повреждение компенсаторов.

10.2. Компенсаторы допускается транспортировать всеми видами транспорта в соответствии с требованиями и правилами, действующими на данном виде транспорта.

10.3. Условия хранения компенсаторов в упаковке должны соответствовать группе 5 (ОЖ4), тип атмосферы 4 по ГОСТ 15150.

10.4. Хранить компенсаторы на открытых площадках не допускается.

10.5. Защиту компенсаторов при транспортировании изготовителем обеспечивает предприятие-изготовитель, при транспортировании потребителем - предприятие-потребитель.

10.6. Строго запрещается сбрасывание, скатывание, соударения компенсаторов, волочение и качение их по земле.

10.7. Для погрузки и разгрузки, а также во время монтажа компенсаторов следует применять специальные захваты, траверсы и мягкие полотенца. Не допускается использовать цепи, канаты и другие грузозахватные устройства, вызывающие повреждение сильфона.

10.8. Транспортирование и хранение компенсаторов должно проводиться с учетом всех требований по безопасности, изложенных в настоящих технических условиях.

- транспортирование компенсаторов должно проводиться в соответствии с Правилами, действующими на конкретных видах транспорта;

- погрузка, разгрузка, транспортирование и складирование компенсаторов должны проводиться аттестованным персоналом с соблюдением требований безопасности при выполнении данных работ.

11. Указание по монтажу и эксплуатации

11.1. В период хранения и монтажа компенсаторов должны быть приняты меры, исключающие их механические повреждения.

11.2. Монтаж и эксплуатация компенсаторов должны осуществляться по документации проектировщика теплотрассы с учетом требований СНиП, а также настоящим Руководящим документом.

11.3. При монтаже и эксплуатации должны быть приняты меры, предохраняющие компенсаторы от затопления грунтовыми водами.

11.4. При монтаже и эксплуатации компенсатора должны быть приняты меры, исключающие попадание посторонних предметов между впадинами гофров сильфона, в стаканы разгрузочных элементов, а также в пространство между направляющим патрубком (экраном) и сильфоном.

11.5. При монтаже и эксплуатации компенсаторов не допускается нагружать их крутящим моментом относительно оси компенсатора, а также силами и изгибающими моментами от массы труб, арматуры, механизмов, устройств и т.д.

11.6. Монтаж компенсаторов должен производиться по монтажным чертежам трубопроводов, Руководству по монтажу и эксплуатации и указаний, изложенных в габаритном чертеже (если таковые имеются).

11.7. Перед монтажом:

- с компенсаторов снимаются защитные кожуха (съёмные), заглушки (если таковы предусмотрены конструкцией). Руководствоваться требованиям, указанным в габаритном чертеже, поставляемым вместе с компенсатором;

- очищается поверхность сильфонов сухим сжатым воздухом;

- при необходимости обезжириваются поверхности компенсаторов в соответствии с требованиями нормативно-технической документации.

11.8. После снятия кожухов и очистки поверхности компенсатора сильфон должен быть закрыт защитной полиэтиленовой пленкой (ГОСТ 10354) толщиной не менее 0,12 мм, которая снимается только после окончательного монтажа компенсатора.

11.9. При выполнении сварочных работ сильфоны, обернутые полиэтиленовой пленкой, дополнительно должны быть обернуты асбестовой тканью для защиты от брызг расплавленного металла.

11.10. Компенсаторы с внутренними направляющими патрубками следует устанавливать так, чтобы направление стрелки на корпусе компенсатора совпадало с направлением движения теплоносителя.

11.11. При монтаже и эксплуатации компенсаторов должны соблюдаться нормы и требования безопасности, действующие на объектах применения указанных изделий.

11.12. После монтажа компенсатора технологические ограничители (проставки, болты, приспособления) при их наличии должны быть сняты.

11.13. При испытании трубопровода с компенсатором на прочность и герметичность защитная пленка должна быть снята.

11.14. После приемки ОТК предприятия-потребителя трубопровода на компенсатор должен быть установлен защитный кожух.

11.15. Окраска компенсатора в составе системы осуществляется по документации разработчика объекта применения (монтажной или эксплуатационной документации).

11.16. При эксплуатации компенсаторов должен проводиться визуальный контроль герметичности. Контроль должен проводиться два раза в течение первой недели эксплуатации, а затем в сроки, установленные для осмотра трубопроводов, на которых установлены компенсаторы.

11.17. Компенсаторы типа СК, СКО, УКО, 2УКО, УКОУ, 2УКОУ при подаче внутреннего давления передают распорные усилия на трубопровод, что необходимо обязательно учитывать при расчете прочности опор трубопровода.

11.18. Компенсаторы типа СКУ, СКК, СКС, СКР распорных усилий на трубопровод не передают.

11.19. Компенсатор типа СКСТ в рабочем состоянии не передает распорные усилия на трубопровод.

11.20. Пуск, остановка, текущие и контрольные осмотры и испытания трубопроводов с компенсаторами должны производиться в соответствии с эксплуатационными инструкциями и требованиями Правил объекта применения компенсаторов.

11.21. В процессе эксплуатации надземно проложенные трубопроводы с компенсаторами должны периодически проверяться на соосность в связи с возможностью просадки отдельных подвижных, направляющих и неподвижных опор, что может привести к потере устойчивости компенсатора. Во избежание заклинивания (вплоть до деформации и разрушения) направляющих опор следует периодически замерять (и восстанавливать) зазор между теплопроводом и конструкциями опор.

11.22. Утилизация компенсаторов по окончании срока эксплуатации производится металлургическим процессом.

Приложение. Номенклатура продукции (Таблицы 1-20)

Компенсаторы осевые. Тип СКО

Осевые компенсаторы предназначены для компенсации осевых перемещений трубопроводов; снижения уровня вибрации, передаваемой от источника вибрации на трубопровод.

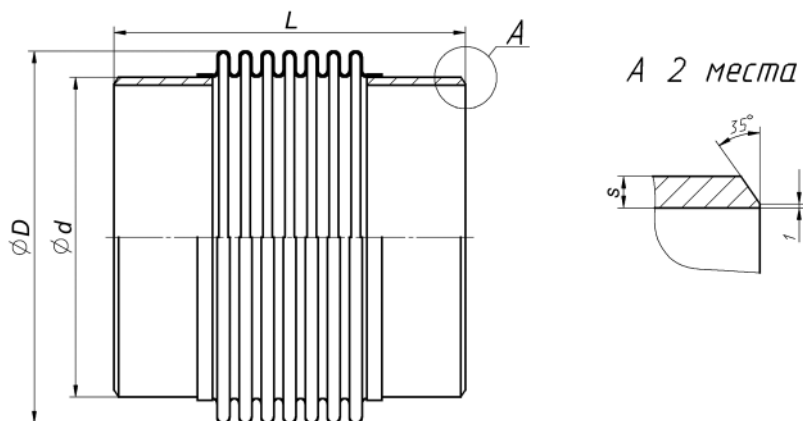


Рис. 1

Таблица 1.
Давление условное 1,6 МПа, $P_{\text{проб}}=2$ МПа
Расчетная температура 200°С. Проводимая среда - вода, пар.

Обозначение	D, мм	L, мм	d, мм	s, мм	Осевой ход, мм				Осевая жест- кость, Н/мм	Эффективная площадь, м²	Масса, кг
					для 50 циклов	для 500 циклов	для 1000 циклов	для 5000 циклов			
СКО 80-1,6-200/О±35/ПП	113	275	89	5	70	36	30	20	180	0,0081	3
СКО 100-1,6-200/О±45/ПП	140	305	108	5	90	72	60	40	285	0,0117	4
СКО 125-1,6-200/О±45/ПП	172	295	133	6	90	58	48	33	237	0,0179	6
СКО 150-1,6-200/О±50/ПП	200	310	159	6	100	62	52	35	288	0,0247	8
СКО 200-1,6-200/О±70/ПП	265	390	219	6	140	78	66	44	300	0,0454	15
СКО 250-1,6-200/О±80/ПП	321	400	273	6	160	86	72	49	343	0,0686	19
СКО 300-1,6-200/О±90/ПП	373	465	325	6	180	106	88	61	401	0,0946	26
СКО 350-1,6-200/О±90/ПП	429	460	377	6	180	114	94	64	404	0,1263	30
СКО 400-1,6-200/О±95/ПП	480	445	426	8	190	110	92	62	516	0,1522	36
СКО 450-1,6-200/О±100/ПП	524	510	465	8	200	132	110	75	550	0,1905	49
СКО 500-1,6-200/О±100/ПП	599	495	530	8	200	132	110	74	565	0,2416	57
СКО 600-1,6-200/О±100/ПП	708	515	630	8	200	166	138	92	559	0,3412	78
СКО 700-1,6-200/О±105/ПП	796	530	720	8	210	160	134	90	679	0,4332	89
СКО 800-1,6-200/О±105/ПП	914	530	820	8	210	210	174	116	626	0,5714	130
СКО 900-1,6-200/О±105/ПП	1024	615	920	10	210	210	210	140	707	0,7200	204
СКО 1000-1,6-200/О±110/ПП	1124	620	1020	10	220	220	210	140	768	0,8642	227
СКО 1200-1,6-200/О±110/ПП	1322	650	1220	12	220	200	210	140	956	1,2207	289
СКО 1400-1,6-200/О±110/ПП	1545	675	1420	14	220	220	220	148	1202	1,6589	437
СКО 1600-1,6-200/О±110/ПП	1745	615	1620	16	220	220	180	120	1602	2,2062	484
СКО 1700-1,6-200/О±120/ПП	1842	680	1720	16	240	240	200	140	1775	2,4717	616
СКО 1800-1,6-200/О±120/ПП	1954	680	1820	16	240	236	198	132	2086	2,7759	694

Таблица 2.
Давление условное 1,6 Мпа, $P_{\text{проб}}=2$ МПа
Расчетная температура 200°С. Проводимая среда - вода, пар.

Обозначение	D, мм	L, мм	d, мм	s, мм	Осевой ход, мм				Осевая жест- кость, Н/мм	Эффективная площадь, м²	Масса, кг
					для 50 циклов	для 500 циклов	для 1000 циклов	для 5000 циклов			
СКО 100-1,6-200/О±55/ПП	136	320	108	5	110	44	37	25	300	0,0119	4
СКО 125-1,6-200/О±65/ПП	165	345	133	6	130	60	50	35	336	0,0172	6
СКО 150-1,6-200/О±75/ПП	198	370	159	6	150	70	59	41	413	0,0249	9
СКО 200-1,6-200/О±80/ПП	264	440	219	6	160	92	76	52	376	0,0454	16
СКО 250-1,6-200/О±100/ПП	321	470	273	6	200	108	90	62	438	0,0683	25
СКО 300-1,6-200/О±110/ПП	372	500	325	6	220	118	100	64	533	0,0943	32
СКО 350-1,6-200/О±100/ПП	431	470	377	6	200	120	102	69	445	0,1266	34
СКО 400-1,6-200/О±105/ПП	488	480	426	8	210	130	110	74	521	0,1622	44
СКО 450-1,6-200/О±110/ПП	527	540	465	8	220	136	112	77	566	0,1913	53
СКО 500-1,6-200/О±125/ПП	591	560	530	8	250	136	114	77	667	0,2445	60
СКО 600-1,6-200/О±130/ПП	699	585	630	8	260	168	140	95	659	0,3437	82
СКО 700-1,6-200/О±140/ПП	795	610	720	8	280	198	166	112	694	0,4465	109
СКО 800-1,6-200/О±140/ПП	923	615	820	8	280	220	190	126	655	0,5904	160
СКО 900-1,6-200/О±140/ПП	1030	695	920	10	280	250	218	144	709	0,7390	232
СКО 1000-1,6-200/О±150/ПП	1124	720	1020	10	300	280	240	160	793	0,9026	291
СКО 1200-1,6-200/О±150/ПП	1335	705	1220	12	300	260	220	146	1038	1,2708	343
СКО 1400-1,6-200/О±150/ПП	1538	725	1420	14	300	276	230	154	1258	1,7041	457
СКО 1600-1,6-200/О±150/ПП	1750	735	1620	16	300	300	260	174	1212	2,2114	615
СКО 1700-1,6-200/О±140/ПП	1842	730	1720	16	280	280	230	160	1553	2,4717	655
СКО 1800-1,6-200/О±130/ПП	1954	680	1820	16	260	260	216	144	1750	2,7877	694

Таблица 3.
Давление условное 2,5 Мпа, $P_{\text{проб}}=3,125$ МПа
Расчетная температура 200°С. Проводимая среда - вода, пар.

Обозначение	D, мм	L, мм	d, мм	s, мм	Осевой ход, мм				Осевая жест- кость, Н/мм	Эффективная площадь, м²	Масса, кг
					для 50 циклов	для 500 циклов	для 1000 циклов	для 5000 циклов			
СКО 80-2,5-200/О±35/ПП	112	300	89	5	70	22	18	12	285	0,0079	3
СКО 100-2,5-200/О±40/ПП	146	300	108	5	80	38	32	20	277	0,0125	5
СКО 125-2,5-200/О±45/ПП	166	295	133	6	90	44	38	24	359	0,0176	7
СКО 150-2,5-200/О±50/ПП	200	315	159	6	100	54	44	30	360	0,0252	9
СКО 200-2,5-200/О±70/ПП	257	395	219	6	140	72	60	40	401	0,0439	16
СКО 250-2,5-200/О±80/ПП	323	445	273	6	160	86	72	48	402	0,0688	26
СКО 300-2,5-200/О±90/ПП	380	465	325	8	180	100	84	56	438	0,0958	39
СКО 350-2,5-200/О±90/ПП	431	480	377	8	180	100	82	56	550	0,1266	45
СКО 400-2,5-200/О±95/ПП	485	505	426	8	190	122	102	70	716	0,1573	58
СКО 450-2,5-200/О±100/ПП	527	530	465	8	200	124	104	70	755	0,1909	65
СКО 500-2,5-200/О±100/ПП	595	600	530	8	200	138	118	80	735	0,2435	85

Обозначение	D, мм	L, мм	d, мм	s, мм	Осевой ход, мм				Осевая жест- кость, Н/мм	Эффективная площадь, м²	Масса, кг
					для 50 циклов	для 500 циклов	для 1000 циклов	для 5000 циклов			
СКО 600-2,5-200/О±100/ПП	711	624	630	8	200	164	138	92	718	0,3440	130
СКО 700-2,5-200/О±105/ПП	807	600	720	10	210	164	140	94	866	0,4353	154
СКО 800-2,5-200/О±105/ПП	919	600	820	10	210	192	160	106	807	0,5747	194
СКО 900-2,5-200/О±105/ПП	1026	680	920	12	210	210	180	120	998	0,7200	274
СКО 1000-2,5-200/О±110/ПП	1128	700	1020	12	220	220	190	126	1036	0,8630	326
СКО 1200-2,5-200/О±110/ПП	1334	750	1220	14	220	200	168	114	1397	1,2221	455
СКО 1400-2,5-200/О±110/ПП	1553	810	1420	14	220	220	220	160	1589	1,7169	643

Таблица 4.

Давление условное 2,5 МПа, $P_{\text{проб}}=3,125$ МПа

Расчетная температура 200°С. Проводимая среда - вода, пар.

Обозначение	D, мм	L, мм	d, мм	s, мм	Осевой ход, мм				Осевая жест- кость, Н/мм	Эффективная площадь, м²	Масса, кг
					для 50 циклов	для 500 циклов	для 1000 циклов	для 5000 циклов			
СКО 125-2,5-200/О±50/ПП	166	295	133	6	100	44	38	24	429	0,0176	7
СКО 150-2,5-200/О±60/ПП	200	360	159	6	120	58	44	32	624	0,0249	11
СКО 200-2,5-200/О±70/ПП	266	430	219	6	140	72	56	38	505	0,0456	18
СКО 250-2,5-200/О±90/ПП	315	470	273	6	180	88	74	50	561	0,0670	26
СКО 300-2,5-200/О±100/ПП	372	520	325	8	200	106	90	60	578	0,0940	38
СКО 350-2,5-200/О±100/ПП	432	520	377	8	200	106	90	60	630	0,1269	47
СКО 400-2,5-200/О±120/ПП	480	565	426	8	240	126	106	72	987	0,1587	60
СКО 450-2,5-200/О±115/ПП	525	565	465	8	230	132	110	74	906	0,1897	67
СКО 500-2,5-200/О±130/ПП	600	635	530	8	260	138	116	78	981	0,2472	96
СКО 600-2,5-200/О±150/ПП	702	700	630	8	300	164	138	94	1327	0,3432	134
СКО 700-2,5-200/О±160/ПП	798	740	720	10	320	190	160	110	1334	0,4459	186
СКО 800-2,5-200/О±160/ПП	907	750	820	10	320	218	182	124	1402	0,5768	235
СКО 900-2,5-200/О±170/ПП	1012	840	920	12	340	242	204	138	1488	0,7223	324
СКО 1000-2,5-200/О±165/ПП	1122	815	1020	12	330	260	216	146	1502	0,8875	384
СКО 1200-2,5-200/О±130/ПП	1350	750	1220	14	260	260	210	140	1696	1,2808	519
СКО 1400-2,5-200/О±130/ПП	1555	810	1420	14	260	260	240	160	1590	1,7169	643

Устройства компенсационные осевые. Тип УКО

Устройства компенсационные предназначены для обеспечения соосности патрубков компенсатора при монтаже, предохраняют сильфон от повреждений в процессе монтажа, исключают боковые перемещения и необходимость установки направляющих опор в непосредственной близости от компенсатора для обеспечения перемещения трубы вдоль оси трубопровода.

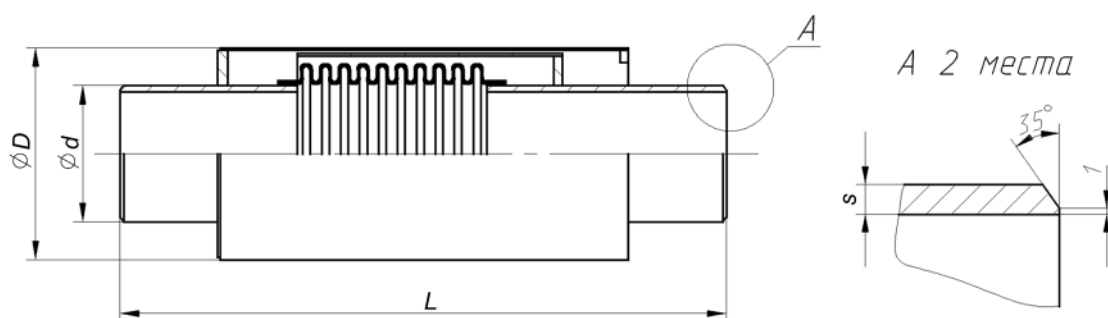


Рис. 2

Таблица 5.

Давление условное 1,6 МПа, $P_{\text{проб}}=2$ МПа

Расчетная температура 200°С. Проводимая среда - вода, пар.

Обозначение	D, мм	L, мм	d, мм	s, мм	Осевой ход, мм				Осевая жесткость, Н/мм	Эффективная площадь, м ²	Масса, кг
					для 50 циклов	для 500 циклов	для 1000 циклов	для 5000 циклов			
УКО 80-1,6-200/О±35/ПП	168	425	89	5	70	32	26	18	182	0,0081	9
УКО 100-1,6-200/О±55/ПП	220	510	108	5	110	50	42	28	300	0,0119	15
УКО 125-1,6-200/О±65/ПП	220	515	133	6	130	60	50	35	336	0,0172	18
УКО 150-1,6-200/О±75/ПП	275	530	159	6	150	70	59	41	413	0,0249	30
УКО 200-1,6-200/О±80/ПП	335	675	219	6	160	92	76	52	376	0,0454	54
УКО 250-1,6-200/О±100/ПП	390	760	273	6	200	108	90	62	438	0,0683	79
УКО 300-1,6-200/О±110/ПП	450	820	325	6	220	118	100	64	533	0,0943	114
УКО 350-1,6-200/О±100/ПП	500	760	377	6	200	120	102	69	445	0,1266	119
УКО 400-1,6-200/О±105/ПП	570	830	426	8	210	130	110	74	521	0,1622	158
УКО 450-1,6-200/О±110/ПП	610	835	465	8	220	136	112	77	566	0,1913	182
УКО 500-1,6-200/О±125/ПП	670	890	530	8	250	136	114	77	667	0,2445	255
УКО 600-1,6-200/О±130/ПП	770	990	630	8	260	168	140	95	659	0,3437	330
УКО 700-1,6-200/О±140/ПП	870	1020	720	8	280	198	166	112	694	0,4465	422
УКО 800-1,6-200/О±140/ПП	990	1025	820	8	280	220	190	126	655	0,5904	522
УКО 900-1,6-200/О±140/ПП	1105	1090	920	10	280	250	218	144	709	0,7390	716
УКО 1000-1,6-200/О±150/ПП	1220	1090	1020	10	300	280	240	160	793	0,9026	898
УКО 1200-1,6-200/О±150/ПП	1430	1130	1220	12	300	260	220	146	1038	1,2708	1092
УКО 1400-1,6-200/О±150/ПП	1640	1110	1420	14	300	276	230	154	1258	1,7041	1360
УКО 1600-1,6-200/О±150/ПП	1850	1160	1620	16	300	300	260	174	1212	2,2114	1893
УКО 1700-1,6-200/О±140/ПП	1965	1050	1720	16	280	280	230	160	1553	2,4717	2085
УКО 1800-1,6-200/О±130/ПП	2070	1060	1820	16	260	260	216	144	1750	2,7877	2211

Таблица 6.

Давление условное 2,5 Мпа, $P_{\text{проб}}=3,15$ МПа

Расчетная температура 200°С. Проводимая среда - вода, пар.

Обозначение	D, мм	L, мм	d, мм	s, мм	Осевой ход, мм				Осевая жест- кость, Н/мм	Эффективная площадь, м²	Масса, кг
					для 50 циклов	для 500 циклов	для 1000 циклов	для 5000 циклов			
УКО 80-2,5-200/О±35/ПП	168	455	89	5	70	22	18	12	285	0,0079	11
УКО 100-2,5-200/О±40/ПП	220	485	108	5	80	38	32	20	277	0,0125	16
УКО 125-2,5-200/О±50/ПП	220	490	133	6	100	44	38	24	429	0,0176	23
УКО 150-2,5-200/О±60/ПП	270	595	159	6	120	58	44	32	624	0,0249	36
УКО 200-2,5-200/О±70/ПП	340	635	219	6	140	72	56	38	505	0,0456	54
УКО 250-2,5-200/О±90/ПП	390	750	273	6	180	88	74	50	561	0,0670	79
УКО 300-2,5-200/О±100/ПП	450	790	325	8	200	106	90	60	578	0,0940	126
УКО 350-2,5-200/О±100/ПП	515	780	377	8	200	106	90	60	630	0,1269	150
УКО 400-2,5-200/О±120/ПП	560	905	426	8	240	126	106	72	987	0,1587	194
УКО 450-2,5-200/О±115/ПП	605	855	465	8	230	132	110	74	906	0,1897	240
УКО 500-2,5-200/О±130/ПП	680	960	530	8	260	138	116	78	981	0,2472	320
УКО 600-2,5-200/О±150/ПП	780	1065	630	8	300	164	138	94	1327	0,3432	415
УКО 700-2,5-200/О±160/ПП	880	1130	720	10	320	190	160	110	1334	0,4459	560
УКО 800-2,5-200/О±160/ПП	990	1150	820	10	320	218	182	124	1402	0,5768	669
УКО 900-2,5-200/О±170/ПП	1095	1225	920	12	340	242	204	138	1488	0,7223	853
УКО 1000-2,5-200/О±165/ПП	1205	1170	1020	12	330	260	216	146	1502	0,8875	1048
УКО 1200-2,5-200/О±130/ПП	1430	1095	1220	14	260	220	190	128	1696	1,2221	1356
УКО 1400-2,5-200/О±130/ПП	1640	1170	1420	14	260	260	240	160	1590	1,7169	1620

Устройства компенсационные осевые сдвоенные. Тип 2УКО

Имеют вдвое большую компенсирующую способность, чем устройства компенсационные с одним сильфоном.

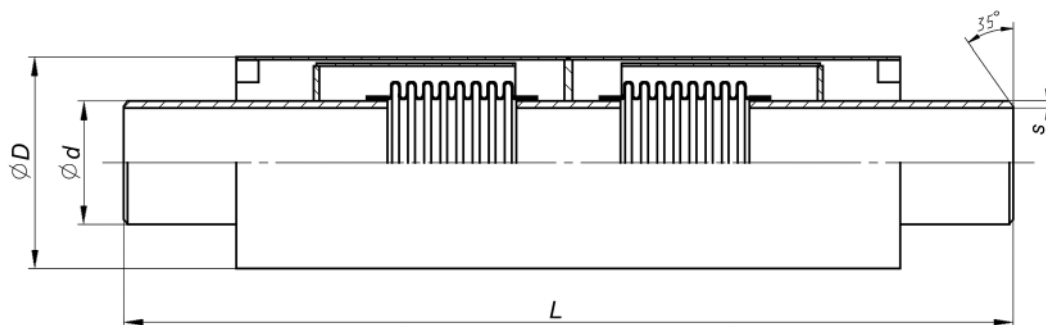


Рис. 3

Таблица 7.
Давление условное 1,6 Мпа, $P_{\text{проб}} = 2$ МПа
Расчетная температура 200°С. Проводимая среда - вода, пар.

Обозначение	D, мм	L, мм	d, мм	s, мм	Осевой ход, мм				Осевая жест- кость, Н/мм	Эффективная площадь, м²	Масса, кг
					для 50 циклов	для 500 циклов	для 1000 циклов	для 5000 циклов			
2УКО 80-1,6-200/О±70/ПП	168	700	89	5	140	72	60	40	90	0,0081	17
2УКО 100-1,6-200/О±110/ПП	220	835	108	5	220	88	74	50	150	0,0119	28
2УКО 125-1,6-200/О±130/ПП	220	985	133	6	260	120	100	70	168	0,0172	35
2УКО 150-1,6-200/О±150/ПП	275	1080	159	6	300	140	118	82	207	0,0249	59
2УКО 200-1,6-200/О±160/ПП	335	1170	219	6	320	184	152	104	188	0,0454	101
2УКО 250-1,6-200/О±200/ПП	390	1300	273	6	400	216	180	124	219	0,0683	138
2УКО 300-1,6-200/О±220/ПП	450	1400	325	6	440	236	200	128	267	0,0943	213
2УКО 350-1,6-200/О±200/ПП	500	1330	377	6	400	240	204	138	223	0,1266	227
2УКО 400-1,6-200/О±210/ПП	570	1375	426	8	420	260	220	148	261	0,1622	290
2УКО 450-1,6-200/О±220/ПП	610	1445	465	8	440	272	224	144	283	0,1913	337
2УКО 500-1,6-200/О±250/ПП	670	1565	530	8	500	272	228	144	334	0,2445	474
2УКО 600-1,6-200/О±260/ПП	770	1635	630	8	520	336	280	190	330	0,3437	601
2УКО 700-1,6-200/О±280/ПП	870	1735	720	8	560	396	332	224	347	0,4465	746
2УКО 800-1,6-200/О±280/ПП	990	1750	820	8	560	440	380	252	328	0,5904	949
2УКО 900-1,6-200/О±280/ПП	1105	1810	920	10	560	500	436	288	355	0,7390	1367
2УКО 1000-1,6-200/О±300/ПП	1220	1890	1020	10	600	560	480	320	397	0,9026	1655
2УКО 1200-1,6-200/О±300/ПП	1430	1890	1220	12	600	520	440	292	519	1,2708	2185
2УКО 1400-1,6-200/О±300/ПП	1640	1930	1420	14	600	552	460	308	629	1,7041	2730
2УКО 1600-1,6-200/О±300/ПП	1850	1945	1620	16	600	600	520	348	606	2,2114	3387
2УКО 1700-1,6-200/О±280/ПП	1965	1845	1720	16	560	560	460	320	777	2,4717	3803
2УКО 1800-1,6-200/О±260/ПП	2070	1790	1820	16	520	520	432	288	875	2,7877	3995

Таблица 8.

Давление условное 2,5 Мпа, $P_{\text{проб}}=3,15$ МПа

Расчетная температура 200°С. Проводимая среда - вода, пар.

Обозначение	D, мм	L, мм	d, мм	s, мм	Осевой ход, мм				Осевая жест- кость, Н/мм	Эффективная площадь, м²	Масса, кг
					для 50 циклов	для 500 циклов	для 1000 циклов	для 5000 циклов			
ЗУКО 80-2,5-200/О±70/ПП	168	720	89	5	140	44	36	24	143	0,0079	18
ЗУКО 100-2,5-200/О±80/ПП	220	745	108	5	160	76	64	40	139	0,0125	27
ЗУКО 125-2,5-200/О±100/ПП	220	850	133	6	200	88	76	48	215	0,0176	42
ЗУКО 150-2,5-200/О±120/ПП	270	1040	159	6	240	116	88	64	312	0,0249	68
ЗУКО 200-2,5-200/О±140/ПП	340	1090	219	6	280	144	112	76	253	0,0456	99
ЗУКО 250-2,5-200/О±180/ПП	390	1310	273	6	360	176	148	100	281	0,0670	147
ЗУКО 300-2,5-200/О±200/ПП	450	1390	325	8	400	212	180	120	289	0,0940	236
ЗУКО 350-2,5-200/О±200/ПП	515	1380	377	8	400	212	180	120	315	0,1269	280
ЗУКО 400-2,5-200/О±240/ПП	560	1645	426	8	480	252	212	144	494	0,1587	367
ЗУКО 450-2,5-200/О±230/ПП	605	1555	465	8	460	264	220	148	453	0,1897	451
ЗУКО 500-2,5-200/О±260/ПП	680	1755	530	8	520	276	232	156	491	0,2472	605
ЗУКО 600-2,5-200/О±300/ПП	780	1970	630	8	600	328	276	188	664	0,3432	783
ЗУКО 700-2,5-200/О±320/ПП	880	2100	720	10	640	380	320	220	667	0,4459	1038
ЗУКО 800-2,5-200/О±320/ПП	990	2140	820	10	640	436	364	248	701	0,5768	1266
ЗУКО 900-2,5-200/О±340/ПП	1095	2240	920	12	680	484	408	276	744	0,7223	1777
ЗУКО 1000-2,5-200/О±330/ПП	1205	2180	1020	12	660	520	432	292	751	0,8875	1993
ЗУКО 1200-2,5-200/О±260/ПП	1430	2025	1220	14	520	440	380	256	848	1,2221	2641
ЗУКО 1400-2,5-200/О±260/ПП	1640	2040	1420	14	520	520	480	320	795	1,7169	3150

Устройства компенсационные осевые усиленные. Тип УКОУ

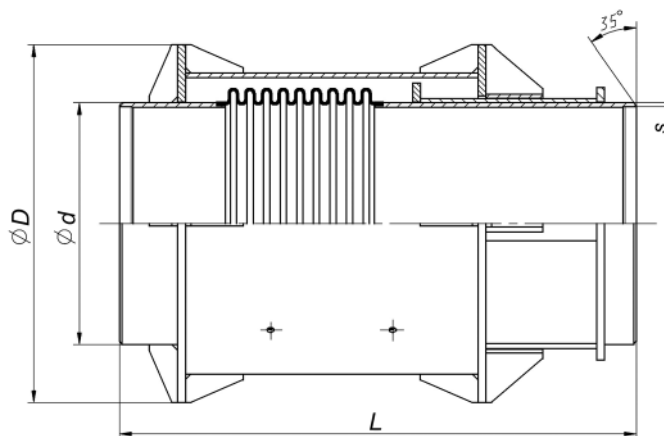


Рис. 4

Таблица 9.
Давление условное 2,5 Мпа, $P_{\text{проб}}=3,15$ МПа
Расчетная температура 200°С. Проводимая среда - вода, пар.

Обозначение	D, мм	L, мм	d, мм	s, мм	Осевой ход, мм				Осевая жест- кость, Н/мм	Эффективная площадь, м²	Масса, кг
					для 50 циклов	для 500 циклов	для 1000 циклов	для 5000 циклов			
УКОУ 80-2,5-200/О±35/ПП	260	854	89	5	70	22	18	12	285	0,0079	32
УКОУ 100-2,5-200/О±40/ПП	320	875	108	5	80	38	32	20	277	0,0125	45
УКОУ 125-2,5-200/О±45/ПП	320	897	133	6	90	44	38	24	359	0,0176	51
УКОУ 150-2,5-200/О±50/ПП	365	925	159	6	100	54	44	30	360	0,0252	68
УКОУ 200-2,5-200/О±70/ПП	420	1011	219	6	140	72	60	40	370	0,0439	96
УКОУ 250-2,5-200/О±80/ПП	485	823	273	6	160	86	72	48	342	0,0688	112
УКОУ 300-2,5-200/О±90/ПП	555	854	325	8	180	100	84	56	438	0,0958	141
УКОУ 350-2,5-200/О±90/ПП	600	880	377	8	180	100	82	56	550	0,1266	181
УКОУ 400-2,5-200/О±95/ПП	630	910	426	8	190	122	102	70	716	0,1573	202
УКОУ 450-2,5-200/О±100/ПП	695	922	465	8	200	124	104	70	755	0,1909	236
УКОУ 500-2,5-200/О±100/ПП	760	934	530	8	200	138	118	80	735	0,2435	281
УКОУ 600-2,5-200/О±100/ПП	880	955	630	8	200	164	138	92	718	0,3440	349
УКОУ 700-2,5-200/О±105/ПП	980	962	720	10	210	164	140	94	866	0,4353	408
УКОУ 800-2,5-200/О±105/ПП	1090	995	820	10	210	192	160	106	807	0,5747	537
УКОУ 900-2,5-200/О±105/ПП	1200	971	920	12	210	210	180	120	998	0,7200	686
УКОУ 1000-2,5-200/О±110/ПП	1300	1006	1020	12	220	220	190	126	1036	0,8630	796
УКОУ 1200-2,5-200/О±110/ПП	1520	1006	1220	14	220	200	168	114	1397	1,2221	1100
УКОУ 1400-2,5-200/О±110/ПП	1730	1215	1420	14	220	220	220	160	1589	1,7169	1574

Таблица 10.

Обозначение	D, мм	L, мм	d, мм	S, мм	Осевой ход, мм				Осевая жест- кость, Н/мм	Эффективная площадь, м²	Масса, кг
					для 50 циклов	для 500 циклов	для 1000 циклов	для 5000 циклов			
УКОВ 80-2,5-200/О±35/ПП	260	910	89	5	70	22	18	12	285	0,0079	34
УКОВ 100-2,5-200/О±40/ПП	320	954	108	5	80	38	32	20	277	0,0125	48
УКОВ 125-2,5-200/О±50/ПП	320	965	133	6	100	44	38	24	429	0,0176	53
УКОВ 150-2,5-200/О±60/ПП	365	991	159	6	120	58	44	32	624	0,0249	76
УКОВ 200-2,5-200/О±70/ПП	420	1052	219	6	140	72	56	38	505	0,0456	103
УКОВ 250-2,5-200/О±90/ПП	485	866	273	6	180	88	74	50	561	0,0670	109
УКОВ 300-2,5-200/О±100/ПП	555	888	325	8	200	106	90	60	578	0,0940	143
УКОВ 350-2,5-200/О±100/ПП	600	914	377	8	200	106	90	60	630	0,1269	189
УКОВ 400-2,5-200/О±120/ПП	630	997	426	8	240	126	106	72	987	0,1587	220
УКОВ 450-2,5-200/О±115/ПП	695	950	465	8	230	132	110	74	906	0,1897	247
УКОВ 500-2,5-200/О±130/ПП	760	1044	530	8	260	138	116	78	981	0,2472	304
УКОВ 600-2,5-200/О±150/ПП	880	1155	630	8	300	164	138	94	1327	0,3432	401
УКОВ 700-2,5-200/О±160/ПП	980	1212	720	10	320	190	160	110	1334	0,4459	501
УКОВ 800-2,5-200/О±160/ПП	1090	1225	820	10	320	218	182	124	1402	0,5768	659
УКОВ 900-2,5-200/О±170/ПП	1200	1271	920	12	340	242	204	138	1488	0,7223	866
УКОВ 1000-2,5-200/О±165/ПП	1300	1246	1020	12	330	260	216	146	1502	0,8875	981
УКОВ 1200-2,5-200/О±130/ПП	1520	1156	1220	14	260	260	210	140	1696	1,2808	1274
УКОВ 1400-2,5-200/О±130/ПП	1730	1255	1420	14	260	260	240	160	1590	1,7169	1637

Устройства компенсационные осевые усиленные двоянные. Тип 2УКОУ

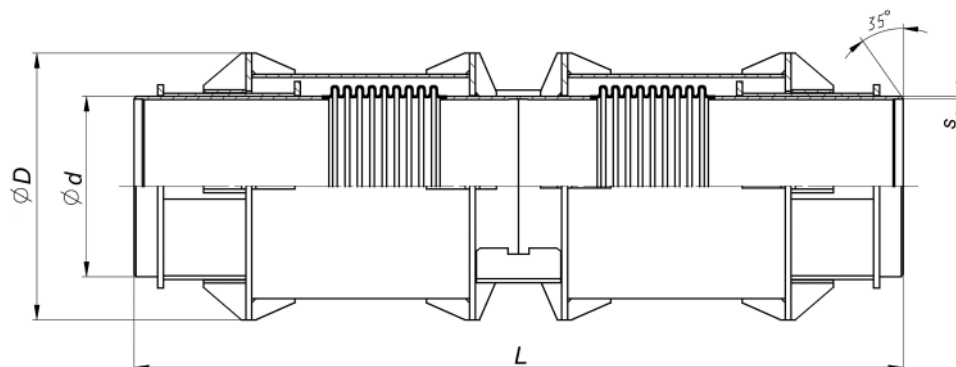


Рис. 5

Таблица 11.

Обозначение	D, мм	L, мм	d, мм	s, мм	Осевой ход, мм				Осевая жест- кость, Н/мм	Эффективная площадь, м²	Масса, кг
					для 50 циклов	для 500 циклов	для 1000 циклов	для 5000 циклов			
2УКОУ 80-2,5-200/О±70/ПП	260	1708	89	5	140	44	36	24	143	0,0079	68
2УКОУ 100-2,5-200/О±80/ПП	320	1750	108	5	160	76	64	40	139	0,0125	98
2УКОУ 125-2,5-200/О±90/ПП	320	1794	133	6	180	88	76	48	180	0,0176	108
2УКОУ 150-2,5-200/О±100/ПП	365	1850	159	6	200	108	88	60	180	0,0252	147
2УКОУ 200-2,5-200/О±140/ПП	420	2022	219	6	280	144	120	80	185	0,0439	201
2УКОУ 250-2,5-200/О±160/ПП	485	1646	273	6	320	172	144	96	171	0,0688	231
2УКОУ 300-2,5-200/О±180/ПП	555	1708	325	8	320	200	168	112	219	0,0958	293
2УКОУ 350-2,5-200/О±180/ПП	600	1760	377	8	320	200	162	112	275	0,1266	377
2УКОУ 400-2,5-200/О±190/ПП	630	1820	426	8	380	244	204	140	358	0,1573	416
2УКОУ 450-2,5-200/О±200/ПП	695	1844	465	8	400	248	208	140	378	0,1909	485
2УКОУ 500-2,5-200/О±200/ПП	760	1868	530	8	400	276	236	160	368	0,2435	581
2УКОУ 600-2,5-200/О±200/ПП	880	1910	630	8	400	328	276	184	359	0,3440	715
2УКОУ 700-2,5-200/О±210/ПП	980	1924	720	10	420	328	280	188	433	0,4353	831
2УКОУ 800-2,5-200/О±210/ПП	1090	1990	820	10	420	384	320	212	404	0,5747	1097
2УКОУ 900-2,5-200/О±210/ПП	1200	1942	920	12	420	420	360	240	499	0,7200	1396
2УКОУ 1000-2,5-200/О±220/ПП	1300	2012	1020	12	440	440	380	252	518	0,8630	1610
2УКОУ 1200-2,5-200/О±220/ПП	1520	2012	1220	14	440	440	336	228	699	1,2221	2200
2УКОУ 1400-2,5-200/О±220/ПП	1730	2430	1420	14	440	440	440	320	795	1,7169	3217

Таблица 12.

Обозначение	D, мм	L, мм	d, мм	S, мм	Осевой ход, мм				Осевая жест- кость, Н/мм	Эффективная площадь, м²	Масса, кг
					для 50 циклов	для 500 циклов	для 1000 циклов	для 5000 циклов			
2УКОУ 80-2,5-200/О±70/ПП	260	1820	89	5	140	44	36	24	143	0,0079	72
2УКОУ 100-2,5-200/О±80/ПП	320	1905	108	5	160	76	64	40	139	0,0125	107
2УКОУ 125-2,5-200/О±100/ПП	320	1930	133	6	200	88	76	48	215	0,0176	116
2УКОУ 150-2,5-200/О±120/ПП	365	1982	159	6	240	116	88	64	312	0,0249	163
2УКОУ 200-2,5-200/О±140/ПП	420	2104	219	6	280	144	112	76	253	0,0456	216
2УКОУ 250-2,5-200/О±180/ПП	485	1732	273	6	360	176	148	100	281	0,0670	232
2УКОУ 300-2,5-200/О±200/ПП	555	1776	325	8	400	212	180	120	289	0,0940	297
2УКОУ 350-2,5-200/О±200/ПП	600	1828	377	8	400	212	180	120	315	0,1269	391
2УКОУ 400-2,5-200/О±240/ПП	630	1994	426	8	480	252	212	144	494	0,1587	450
2УКОУ 450-2,5-200/О±230/ПП	695	1900	465	8	460	264	220	148	453	0,1897	507
2УКОУ 500-2,5-200/О±260/ПП	760	2088	530	8	520	276	232	156	491	0,2472	620
2УКОУ 600-2,5-200/О±300/ПП	880	2310	630	8	600	328	276	188	664	0,3432	815
2УКОУ 700-2,5-200/О±320/ПП	980	2424	720	10	640	380	320	220	667	0,4459	1016
2УКОУ 800-2,5-200/О±320/ПП	1090	2450	820	10	640	436	364	248	701	0,5768	1332
2УКОУ 900-2,5-200/О±340/ПП	1200	2542	920	12	680	484	408	276	744	0,7223	1748
2УКОУ 1000-2,5-200/О±330/ПП	1300	2492	1020	12	660	520	432	292	751	0,8875	1980
2УКОУ 1200-2,5-200/О±260/ПП	1520	2312	1220	14	520	440	380	256	848	1,2221	2568
2УКОУ 1400-2,5-200/О±260/ПП	1730	2510	1420	14	520	520	480	320	795	1,7169	3321

74



Обозначение	D, мм	L, мм	d, мм	S, мм	Амплитуда перемещений			Жесткость			Давление расчетное, МПа	Давление пробное, МПа	Температура расчетная, °С	Количество циклов	Защитный кожух	Обтекатель	Масса, кг
					Осевая, мм	Скаптовая, мм	Угловая, град	Осевая, Н/мм	Скаптовая, Н/мм	Угловая, Нм/град							
СК 80-0,25-50/050/С-80/Λ2/ΠΠ	119	1000	89	6	±50	80	2	70	1	4	0,2	0,3	50	175			10,5
	124	1900	89	5	±20	50	-	121	0,5	-	0,3	0,375	20	10000			21
	118	200	89	5	±10	5	-	153	374	-	0,6	1,0	120	1400			2,3
	195	200	-	-	±15	8	-	108	138	-	0,5	0,8	150	580			6,3
	147	290	108	4	±5	5	±2	100	356	5	0,35	0,6	148	500			3,8
	190	383	108	5	-	14	0,18	-	407	17	1,6	2,0	200	2000	*		10
	138	545	108	5	±6	±10	-	530	33	-	2,0	2,5	550	1000			9
	162	460	133	5	±20	10	±2	386	320	23	1,0	1,25	50	450			7,5
	165	330	133	5	±25	-	±5	293	-	17,7	1,0	1,25	80	100			5,3
	201	1875	159	6	±20	50	-	207	1	-	0,3	0,375	20	10000			42
СК 150-16-120/0±3/С±5/Λ±0/ΠΠ	202	600	159	5	±3	±5	±0,1	230	89	20	1,2	1,5	150	3000			15



СК 150-16-200/С4/Δ±0,18/ΠΠ	260	390	159	5	-	14	±0,18	-	725	37	1,6	2,0	200	2000	*		17
СК 150-6,3-440/О-3/С-3/Δ±ΠΠ	200	440	159	9	-3	3	±1	1520	4550	150	3,5	4,9	435	2900	*		15
СК 200-0,16-150/О±20/С50/ΠΠ	269	1900	219	6	±20	50	-	149	1,5	-	0,15	0,25	150	10000			60
СК 200-0,4-20/О±15/О-32/С-12/Δ±ΠΠ	270	740	219	8	+15/-32	12	1	75	10	24	0,375	0,375	20	3000			29,5
СК 200-0,4-105/О±20/С±5/Δ±5/ΦΦ	355	550	-	-	±20	±10	5	206	132	32	0,4	0,54	105	50000			50
СК 200-1,6-120/О-15/С10/Δ0,5/ΠΠ	257	510	219	7	-15	10	0,5	270	670	50	1,2	1,5	120	5000			19,5
СК 200-6,3-440/О-26/С-9/Δ±15/ΠΠ	260	565	219	13	-26	9	±1,5	1720	2500	250	3,5	4,9	435	400	*		33
СК 250-0,16-150/О±20/С50/ΠΠ	318	1900	273	8	±20	50	-	191	3,5	-	0,15	0,25	150	10000			79
СК 250-0,4-230/О±25/С10/ΦΦ	390	440	-	-	±25	10	-	80	462	-	0,3	0,51	300	3000			40
СК 250-0,63-269/О±26/С±41/ΠΠ	337	1000	273	10	±26	±41	-	324	19	-	0,46	0,8	304	3000	*		77
СК 250-1,0-200/О±22/С±15//ΦΦ	390	165	-	-	±22	±1,5	-	240	2375	-	0,9	1,2	200	500			26
СК 250-1,6-400/О±10/С±5/ΠΠ	370	450	273	6	±10	±5	-	241	1600	-	1,0	1,75	400	500	*		28
СК 250-6,3-440/О-12/С9/Δ±ΠΠ	325	540	273	16	-12	9	±1	1750	4850	400	3,5	4,9	435	730	*		46
СК 300-0,1-80/О±13/С20/Δ8/ΦΦ	510	600	-	-	±13	20	8	85	209	26	0,1	0,15	80	1600	*		58
СК 300-0,16-225/О-10/С4/ΔΠΠ	371	275	325	6	10	4	1	121	786	37	0,15	0,22	255	3000	*		15
СК 300-0,16-225/О-34/С13/Δ15/ΠΠ	371	510	325	6	34	13	1,5	34	13	1,5	0,15	0,22	255	3000			25
СК 300-1,6-400/О±40/С-5/Δ±0,5/ΠΠ	400	470	325	6	±40	5	±0,5	466	1371	143	1,0	1,75	400	500	*		39
СК 300-1,0-50/О±20/С±20/Δ±2/ΠΠ	373	545	325	6	±20	20	±2	586	1337	180	1,0	1,25	50	450			32
СК 300-2,5-150/О±20/С10/ΦΦ	485	450	-	-	±20	10	-	805	2490	-	2,5	3,2	150	1000			87
СК 300-2,5-600/О±14/С±1/ΦΦ	430	124	-	-	±14	±1	-	544	14382	-	0,8	1,2	600	100	*		30
СК 300-6,3-440/О-43/С-3/Δ±ΠΠ	380	545	325	19	-43	3	±1	1542	5550	487	3,5	4,9	435	500	*		66
СК 350-1,0-70/О±15/С±15/ΠΠ	500	490	377	10	±15	±15	-	434	1144	-	1,0	1,25	70	1500	*		92
СК 350-1,6-200/С15/Δ±0,02/ΠΠ	510	753	377	6	-	15	±0,02	-	345	522	1,6	2,0	200	2000	*		100
СК 400-0,16-130/О12/С6/ΦΦ	535	250	-	-	12	6	-	95	2383	-	0,11	0,2	130	3000			41
СК 400-0,16-150/О±20/С50/ΠΠ	470	1900	426	6	±20	50	-	196	8,5	-	0,15	0,25	150	10000			133
СК 400-0,63-650/О±18/С±4/ΠΠ	483	300	426	6	±18	±4	-	377	527	-	0,15	0,9	650	500	*		25
СК 400-1,6-300/О-100/Δ±ΠΠ	473	600	426	6	-100	-	±1	563	-	277	1,0	1,25	280	3000	*		56
СК 450-0,3-200/О-50/Δ±ΠΠ	534	420	465	6	-50	-	±1	115	-	72	0,3	0,4	170	3000	*		33
СК 450-1,0-60/О±35/О-60/С-30/ΠΠ	570	800	465	6	+35/-60	30	-	460	540	-	0,7	1,0	60	60	*		191
СК 500-0,16-255/О-20/С18/ΔΠΠ	600	640	530	8	-20	18	1	230	304	56	0,15	0,22	255	3000	*		77
СК 500-0,4-200/О-50/Δ±ΠΠ	607	430	530	6	-50	-	±1	93	-	76	0,3	0,4	170	3000	*		33
СК 500-1,6-130/О±25/С±6/ΔΠΠ	600	625	530	8	±25	±6	1	656	1120	516	1,2	2,5	130	5000			96
СК 500-1,6-200/О±70/С20/ΠΠ	605	777	530	8	±70	20	-	1490	915	-	1,6	2,0	200	410			122
СК 500-2,5-100/О-6/С4/Δ0,5/ΠΠ	600	650	530	8	-6	4	0,5	1288	1463	1024	2,1	2,7	100	3000			88

Обозначение	D, мм	L, мм	d, мм	s, мм	Амплитуда перемещений			Жесткость			Давление пробное, МПа	Давление расчетное, МПа	Температура расчетная, °С	Кол-во циклов	Защитный кожух	Обтекатель	Масса, кг
					Осевая, мм	Радиальная, мм	Угловая, град	Осевая, Н/мм	Радиальная, Н/мм	Угловая, Нм/град							
СК 600-0,1-60/0+40/0-45/С34/ФФ	790	730	-	-	+40/-45	34	-	144	243	-	0,1	0,2	60	500	*		251
СК 600-0,4-45/0±6,5/С±3,5/ПП	708	545	630	8	±6,5	±3,5	-	146	1882	-	0,4	0,6	45	5000			64
СК 600-0,63-33/0±4,5/С±7,5/ПП	710	550	630	8	±4,5	±7,5	-	240	2539	-	0,55	0,85	33	1000			110
СК 600-0,63-25/0±30/С-10/ПП	696	580	630	10	±30	10	-	205	1887	-	0,6	0,75	30	3400			71
СК 600-1,6-120/0±30/С+50/ПП	702	1085	630	8	±30	50	-	1400	450	-	1,6	2,0	120	2000			169
СК 600-1,6-130/0±5/С±6/ПП	697	485	630	8	±5	±6	-	549	2997	-	0,86	1,6	70	3000			65
СК 700-0,1-60/0+40/0-45/С34/ФФ	890	730	720	10	+40/-45	34	-	149	337	-	0,1	0,2	60	500	*		290
СК 700-0,1-200/0-30/С8/ПП	788	640	712	6	-30	8	-	90	716	-	0,1	0,2	200	15000		*	76
СК 700-0,16-252/0-10/С±9/ПП	794	610	720	10	-10	±9	±0,06	90	896	125	0,15	0,22	252	3000		*	102
СК 700-0,25-252/0±11/С±12/√±1/ПП	817	695	722	10	±11	±12	±1	98	1125	144	0,15	0,22	252	3000			116
СК 700-2,5-100/0-3/С7/√0,5/ПП	810	650	720	12	-3	7	0,5	1355	2378	1955	2,1	2,7	100	3000			179
СК 800-0,16-150/0±20/С50/ПП	870	1875	820	14	±20	50	-	250	78	-	0,15	0,25	150	10000			308
СК 800-0,25-35/0±80/С5/ПП	915	850	820	8	±80	5	-	144	281	-	0,1	0,2	35	3000			151
СК 800-0,1-33/0±4,5/С±7,5/ПП	909	550	822	10	±4,5	±7,5	-	104	1645	-	0,1	0,2	33	1000			93
СК 800-0,63-33/0±4,5/С±7,5/ПП	913	600	822	10	±4,5	±7,5	-	308	3516	-	0,55	0,85	33	1000			117
СК 800-0,63-50/0+10/0-30/С±1/√±1/ПП	906	550	820	6	+10/-30	±1	±1	272	5399	492	0,6	0,75	50	14000			68
СК 800-1,0-210/0±7/С-20/ПП	960	700	822	10	±7	20	-	743	1670	-	0,4	0,6	210	3000	*		165
СК 800-2,5-100/0-13/С4/√0,5/ПП	917	850	820	12	-13	4	0,5	830	1503	1530	2,1	2,7	100	3000			311
СК 1000-0,1-60/0+40/0-45/С19/ФФ	1180	750	1020	10	+40/-45	19	-	150	643	-	0,1	0,2	60	1500	*		398
СК 1000-0,25-35/0±80/С8/ПП	1115	850	1020	10	±80	8	-	173	517	-	0,1	0,2	35	3000			212
СК 1200-0,1-60/0+40/0-45/С24/ФФ	1380	750	1220	12	+40/-45	24	-	155	1014	-	0,1	0,2	60	1500	*		487
СК 1200-0,25-130/0-5/С10/ПП	1308	1200	1222	10	-5	10	-	520	408	-	0,25	0,4	130	1000			310
СК 1200-0,25-270/0±32/С7/ПП	1330	455	1220	10	±32	7	-	232	6476	-	0,25	0,32	270	1000			149
СК 1200-0,25-35/0±80/С8/ПП	1315	850	1220	10	±80	8	-	202	892	-	0,1	0,2	35	3000			245
СК 1200-0,63-35/0±100/√5/ПП	1309	637	1220	10	±100	-	5	363	-	1368	0,6	0,75	35	1000		*	253
СК 1200-1,6-80/0±13/С2/ПП	1331	950	1224	12	±13	2	-	1507	27155	-	1,6	2,5	80	5000			377
СК 1600-0,63-15/0+15/0-20/С±5/√±3/ФФ	1830	450	-	-	+15/-20	±5	±3	462	14640	2908	0,6	0,75	20	1000			567
СК 1800-0,16-200/0±40/С40/ПП	1935	1450	1824	12	±40	40	-	1076	1487	-	0,15	0,2	70	7500			751

Компенсаторы угловые. Тип СКУ

Угловые компенсаторы предназначены для компенсации угловых перемещений трубопроводов в одной плоскости. Не передают распорное усилие на трубопровод.

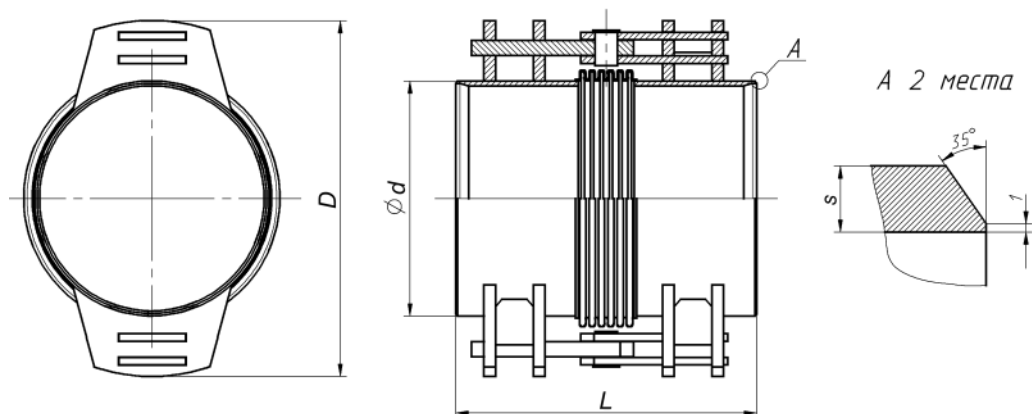


Рис. 7

Таблица 14.

Обозначение	D, мм	L, мм	d, мм	s, мм	Угловой ход, град		Угловая жесткость, Нм/град	Масса, кг
					для 300 циклов	для 1000 циклов		
СКУ 80-1,6-200/У±15/ПП	230	390	89	5	15	10	8	8
СКУ 100-1,6-200/У±15/ПП	260	435	108	5	15	12	12	10
СКУ 125-1,6-200/У±15/ПП	305	455	133	6	15	12	19	14
СКУ 150-1,6-200/У±15/ПП	345	450	159	6	15	10	36	25
СКУ 200-1,6-200/У±15/ПП	420	560	219	6	15	10	61	38
СКУ 250-1,6-200/У±15/ПП	535	815	273	6	15	10	102	77
СКУ 300-1,6-200/У±10/ПП	570	820	325	6	10	9	159	106
СКУ 350-1,6-200/У±10/ПП	635	850	377	6	10	8	235	135
СКУ 400-1,6-200/У±10/ПП	695	875	426	8	10	10	285	177
СКУ 450-1,6-200/У±10/ПП	765	855	465	8	10	7	336	208
СКУ 500-1,6-200/У±10/ПП	840	895	530	8	10	9	545	290
СКУ 600-1,6-200/У±10/ПП	955	945	630	8	10	9	855	374
СКУ 700-1,6-200/У±10/ПП	1085	1015	720	8	10	9	1211	480
СКУ 800-1,6-200/У±10/ПП	1225	1065	820	8	10	9	1580	688
СКУ 900-1,6-200/У±10/ПП	1340	1140	920	10	10	9	2248	920
СКУ 1000-1,6-200/У±10/ПП	1475	1165	1020	10	10	9	2872	1203
СКУ 1200-1,6-200/У±10/ПП	1700	1305	1220	12	10	9	4375	1702
СКУ 1400-1,6-200/У±6/ПП	2050	1425	1420	14	6	6	6607	2296
СКУ 1600-1,6-200/У±6/ПП	2230	1580	1620	16	6	6	15485	3177
СКУ 1700-1,6-200/У±6/ПП	2415	1580	1720	16	6	6	11454	3763
СКУ 1800-1,6-200/У±6/ПП	2500	1600	1820	16	6	6	12774	4465

Таблица 15.

Обозначение	D, мм	L, мм	d, мм	S, мм	Угловой ход, ± град		Угловая жесткость, Нм/град	Масса, кг
					для 300 циклов	для 1000 циклов		
СКУ 80-2,5-200/У±15/ПП	220	390	89	5	15	8	8	7
СКУ 100-2,5-200/У±15/ПП	230	450	108	5	15	10,5	10	10
СКУ 125-2,5-200/У±15/ПП	245	455	133	6	15	9	18	14
СКУ 150-2,5-200/У±15/ПП	290	510	159	6	15	9,5	27	25
СКУ 200-2,5-200/У±15/ПП	370	625	219	6	15	9	54	47
СКУ 250-2,5-200/У±15/ПП	465	800	273	8	15	8,5	120	94
СКУ 300-2,5-200/У±10/ПП	570	850	325	8	10	8	171	145
СКУ 350-2,5-200/У±10/ПП	635	935	377	8	10	10	280	193
СКУ 400-2,5-200/У±10/ПП	680	975	426	8	10	9	340	246
СКУ 450-2,5-200/У±10/ПП	755	990	465	8	10	8,5	610	305
СКУ 500-2,5-200/У±10/ПП	825	1025	530	8	10	9	656	378
СКУ 600-2,5-200/У±10/ПП	980	1240	630	8	10	8,5	1170	627
СКУ 700-2,5-200/У±10/ПП	1130	1300	720	10	10	8	1345	1009
СКУ 800-2,5-200/О±10/ПП	1245	1350	820	12	10	8	2282	1337
СКУ 900-2,5-200/У±10/ПП	1390	1415	920	12	10	7,5	3457	1612
СКУ 1000-2,5-200/У±10/ПП	1550	1510	1020	12	10	7,5	4410	2186
СКУ 1200-2,5-200/У±10/ПП	1820	1810	1220	14	10	7,5	10448	3401
СКУ 1400-2,5-200/У±4/ПП	2150	1880	1420	16	4	4	13561	4370

Компенсаторы карданные. Тип СКК

Карданные компенсаторы предназначены для компенсации угловых перемещений трубопроводов в двух плоскостях и не передают распорное усилие на трубопровод.

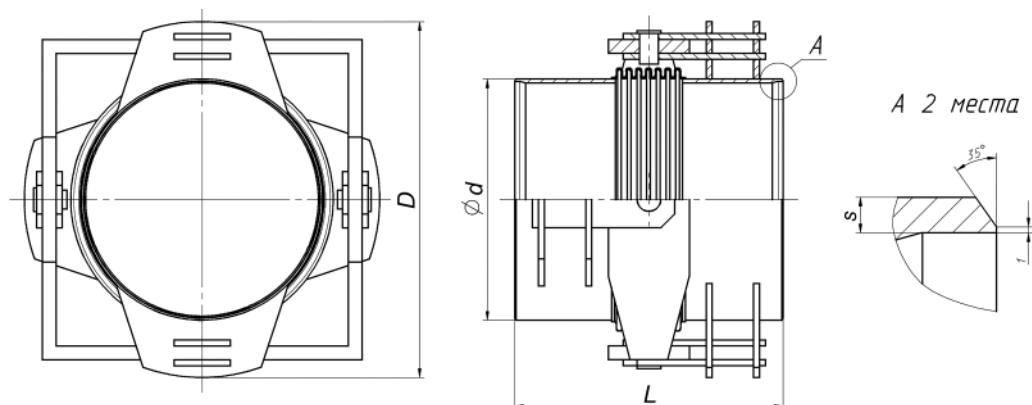


Рис. 8

Таблица 16.

Обозначение	D, мм	L, мм	d, мм	s, мм	Угловой ход, ± град		Угловая жесткость, Нм/град	Масса, кг
					для 300 циклов	для 1000 циклов		
СКК 80-1,6-200/У±15/ПП	220	390	89	5	15	10	8	10
СКК 100-1,6-200/У±15/ПП	240	430	108	5	15	12	12	13
СКК 125-1,6-200/У±15/ПП	285	455	133	6	15	12	19	19
СКК 150-1,6-200/У±15/ПП	340	490	159	6	15	11	36	32
СКК 200-1,6-200/У±15/ПП	435	560	219	6	15	10	62	54
СКК 250-1,6-200/У±15/ПП	510	815	273	8	15	10	102	105
СКК 300-1,6-200/У±10/ПП	570	820	325	8	10	9	159	143
СКК 350-1,6-200/У±10/ПП	645	850	377	8	10	8	235	199
СКК 400-1,6-200/У±10/ПП	710	865	426	8	10	10	285	270
СКК 450-1,6-200/У±10/ПП	775	885	465	8	10	7	336	321
СКК 500-1,6-200/У±10/ПП	860	895	530	8	10	9	545	458
СКК 600-1,6-200/У±10/ПП	1000	945	630	8	10	9	856	637
СКК 700-1,6-200/У±10/ПП	1095	1075	720	8	10	9	1212	823
СКК 800-1,6-200/У±10/ПП	1280	1185	820	10	10	9	1580	1248
СКК 900-1,6-200/У±10/ПП	1400	1260	920	10	10	9	2248	1643
СКК 1000-1,6-200/У±10/ПП	1560	1305	1020	10	10	9	2872	2208
СКК 1200-1,6-200/У±10/ПП	1800	1365	1220	14	10	9	4375	3054
СКК 1400-1,6-200/У±6/ПП	2050	1445	1420	14	6	6	6607	4518
СКК 1600-1,6-200/У±6/ПП	2360	1460	1620	16	6	6	15485	6224
СКК 1700-1,6-200/У±6/ПП	2500	1560	1720	16	6	6	11454	7929
СКК 1800-1,6-200/У±6/ПП	2655	1600	1820	16	6	6	12774	8939

Таблица 17.

Обозначение	D, мм	L, мм	d, мм	S, мм	Угловой ход, ± град		Угловая жесткость, Нм/град	Масса, кг
					для 300 циклов	для 1000 циклов		
СКК 80-2,5-200/У±15/ПП	220	390	89	5	15	8	8	10
СКК 100-2,5-200/У±15/ПП	250	450	108	5	15	10,5	10	16
СКК 125-2,5-200/У±15/ПП	310	455	133	6	15	9	18	24
СКК 150-2,5-200/У±15/ПП	340	510	159	6	15	9,5	27	43
СКК 200-2,5-200/У±15/ПП	410	625	219	6	15	9	54	95
СКК 250-2,5-200/У±15/ПП	520	800	273	8	15	8,5	120	143
СКК 300-2,5-200/У±10/ПП	570	850	325	8	10	8	171	180
СКК 350-2,5-200/У±10/ПП	635	936	377	8	10	10	280	254
СКК 400-2,5-200/У±10/ПП	740	975	426	8	10	9	340	377
СКК 450-2,5-200/У±10/ПП	820	990	465	8	10	8,5	610	474
СКК 500-2,5-200/У±10/ПП	890	1026	530	8	10	9	656	660
СКК 600-2,5-200/У±10/ПП	1065	1240	630	8	10	8,5	1170	954
СКК 700-2,5-200/У±10/ПП	1190	1300	720	10	10	8	1345	1349
СКК 800-2,5-200/У±10/ПП	1260	1350	820	12	10	8	2282	1837
СКК 900-2,5-200/У±10/ПП	1475	1415	920	12	10	7,5	3457	2296
СКК 1000-2,5-200/У±10/ПП	1600	1510	1020	12	10	7,5	4410	2953
СКК 1200-2,5-200/У±10/ПП	1895	1810	1220	14	10	7,5	10448	5552
СКК 1400-2,5-200/У±4/ПП	2150	1880	1420	16	4	4	13560	7085

Компенсаторы сдвиговые. Тип СКС

Сдвиговые компенсаторы предназначены для компенсации сдвиговых перемещений трубопроводов. Не передают распорное усилие на трубопровод.

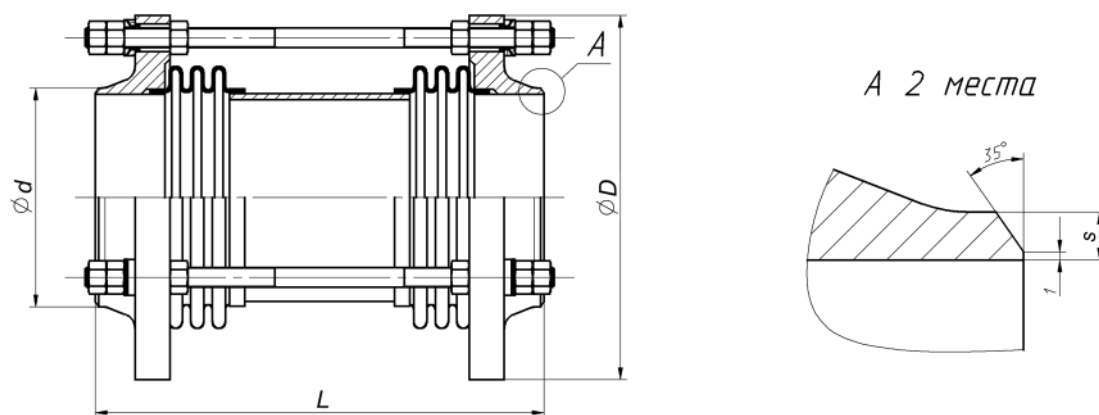


Рис.9

Таблица 18.

Обозначение	D, мм	L, мм	d, мм	s, мм	Сдвиг, мм	Жесткость сдвиговая, Н/мм	Количество циклов	Давление расчетное, МПа	Давление испытание, МПа	Температура расчетная, °С	Масса, кг
СКС 100-1,6-150/С±6/ПП	213	400	108	4,5	6	528	10000	1,6	2,0	150	11
СКС 125-0,67-100/С±10/ПП	340	770	133	4	±10	52	2000	0,6	0,8	100	49
СКС 125-1,0-210/С±15,5/ФФ	345	590	-	-	±15,5	52	1500	0,6	1,1	210	58
СКС 150-2,5-163/С±7/ПП	390	600	159	5	±7	92	3000	2,5	3,15	163	80
СКС 200-1,6-60/С±20/ПП	415	770	219	6	±20	195	1000	2,5	2,5	60	111
СКС 200-1,6-110/С±4,5/ФФ	497	328	-	-	±4,5	523	5000	1,6	2,0	110	82
СКС 200-2,5-600/С±50,5/ПП	420	890	219	4	±50,5	24	1000	1,0	1,53	600	79
СКС 250-0,16-250/С±16/ПП	430	460	273	6	±16	186	2000	0,16	0,3	250	38,3
СКС 250-0,25-135/С±25/ПП	470	550	273	7	±25	56	3000	0,5	0,83	135	100
СКС 250-0,63-110/С±11/ФФ	546	380	-	-	±11	117	5000	0,6	0,8	110	89,5
СКС 250-1,0-70/С15/ПП	365	850	273	8	15	160	5000	1,0	1,5	180	72
СКС 250-1,6-50/С25/ФФ	570	355	-	-	25	468	1000	1,6	2,3	50	85
СКС 250-1,6-60/С±20/ПП	468	770	273	7	±20	340	1000	2,5	2,5	60	134
СКС 250-2,5-600/С±102/ПП	495	1420	273	4	±102	12	1000	1,0	1,53	600	130
СКС 300-0,63-110/С±8/ФФ	627	400	-	-	±8	116	6000	0,6	1,1	110	107
СКС 300-0,63-150/С±25/ПП	570	825	324	8	±25	127	3000	0,5	2,88	265	233
СКС 300-0,63-160/С±45/ПП	500	1350	325	8	±45	28	3000	0,6	0,75	160	170
СКС 300-1,0-40/С15/ПП	415	860	325	8	15	256	5000	1,0	1,5	180	87
СКС 300-1,6-250/С±25/ПП	570	1300	324	7	±25	36	3000	1,6	3,0	265	273
СКС 300-1,6-130/С±40/ПП	570	1010	325	8	±40	175	1000	1,6	2,5	130	223
СКС 300-2,5-130/С±6/ПП	570	800	325	10	±6	890	500	2	2,7	130	205
СКС 300-2,5-300/С±25/ПП	610	1300	325	8	±25	59	3000	2,2	3,75	300	353

Обозначение	D, мм	L, мм	d, мм	s, мм	Сдвиг, мм	Жесткость сдвиговая, Н/мм	Количество циклов	Давление расчетное, МПа	Давление испытания, МПа	Температура расчетная, °С	Масса, кг
СКС 350-0,6-30/С±14/ПП	544	560	377	8	±14	268	3000	0,6	0,75	30	106
СКС 350-1,6-70/С±14/ПП	600	770	377	8	±14	648	10000	1,6	2,0	70	208
СКС 400-0,25-250/С±14/ПП	600	850	428	10	±14	115	3000	0,25	0,32	250	160
СКС 400-0,63-200/С±30/ПП	605	1290	424	8	±30	50	5000	0,6	0,75	200	229
СКС 400-1,0-230/С±15/ПП	700	390	426	9	±15	1560	3000	1,0	1,25	230	187
СКС 500-0,25-175/С27/ПП	750	980	530	8	27	147	3000	0,3	0,45	175	235
СКС 500-0,63-235/С±19/ПП	840	910	530	8	±19	303	3000	0,6	0,75	235	324
СКС 500-0,4-200/С26,6/ПП	800	684	530	8	26	225	4000	0,4	1,0	200	229
СКС 500-1,6-70/С14/ПП	850	840	530	8	14	1151	10000	1,6	2,0	70	446
СКС 500-2,5-74/С±10/ПП	530	820	530	8	±10	1547	5000	2,1	2,63	74	301
СКС 600-0,25-20/С50/ПП	910	1940	630	8	50	470	5000	0,13	0,25	20	422
СКС 600-1,0-140/С±10/ПП	825	1000	630	8	±10	600	3000	1,0	1,25	140	264
СКС 700-0,63-200/С±30/ПП	980	800	720	8	±30	381	4000	0,6	0,75	200	390
СКС 700-0,63-80/С±9/ПП	1050	700	722	10	±9	1064	3000	0,6	0,75	80	419
СКС 700-1,0-130/С±50/ПП	1040	1450	720	8	±50	995	200	1,0	1,6	130	690
СКС 800-0,25-250/С±15/ПП	1120	950	822	10	±15	580	3000	0,25	0,32	250	570
СКС 800-0,25-250/С±40/ПП	1120	1500	822	10	±40	115	3000	0,25	0,32	250	707
СКС 800-0,4-70/С15/ПП	1100	800	820	10	15	1198	5000	0,3	0,5	180	423
СКС 800-0,63-200/С±20/ПП	1120	1050	820	8	±20	580	5000	0,6	0,75	200	699
СКС 800-1,0-150/С±50/ПП	1168	1510	820	8	±50	500	500	1,0	1,5	150	913
СКС 800-2,5-120/С±2/ПП	1300	1000	820	11	±2	1328	3000	2,5	3,15	120	1465
СКС 900-0,4-105/С±25/ПП	1240	800	914	8	±25	473	3000	0,4	0,61	160	611
СКС 900-0,4-120/С±75/ПП	1190	2120	920	12	±75	100	3000	0,35	0,45	120	916
СКС 1000-0,25-250/С±26/ПП	1300	1200	1020	10	±26	298	3000	0,25	0,32	250	695
СКС 1000-0,63-80/С±2/ПП	1400	500	1020	10	±2	2347	3000	0,6	0,75	80	640
СКС 1000-1,0-150/С±50/ПП	1450	1600	1022	10	±50	900	500	1,0	1,5	150	1420
СКС 1000-1,6-120/С±7/ПП	1500	1300	1020	10	±7	789	3000	1,6	2,0	120	1718
СКС 1200-0,4-105/С±25/ПП	1550	970	1220	11	±25	752	3000	0,4	0,61	160	945
СКС 1200-0,25-170/С±17/ПП	1550	1500	1220	8	±17	192	10000	0,25	0,32	170	1164
СКС 1200-0,63-80/С±8/ПП	1650	1200	1220	11	±8	552	3000	0,6	0,75	80	1658
СКС 1200-0,63-200/С±50/ПП	1660	2440	1220	10	±50	164	2000	0,6	0,75	200	2094
СКС 1200-1,0-250/С±20/ПП	1600	1870	1228	14	±20	600	3000	0,67	0,95	250	1800
СКС 1200-1,0-150/С±50/ПП	1660	2130	1220	10	±50	740	500	1,0	1,5	150	2160
СКС 1400-0,4-35/С±10/ПП	1750	800	1420	14	±10	1749	3000	0,27	0,35	35	1167
СКС 1400-1,0-150/С±50/ПП	1860	2210	1420	10	±50	1300	500	1,0	1,5	150	2788
СКС 1600-1,0-150/С±50/ПП	2080	2230	1620	12	±50	1900	500	1,0	1,5	150	3830

Разгруженные компенсаторы предназначены для компенсации осевых, сдвиговых и угловых перемещений. Не создают распорных усилий. Применение разгруженных компенсаторов не требует установки дорогостоящих неподвижных опор, обеспечивающих восприятие распорного усилия трубопровода.



Таблица 19.

Обозначение	D, мм	L, мм	d, мм	s, мм	Амплитуда перемещений			Жесткость			Давление расчетное, МПа	Давление пробное, МПа	Температура расчетная, МПа	Количество циклов	Защитный кожух	Обтекатель	Масса, кг
					Осевая, мм	Сдвиговая, мм	Угловая, град.	Осевая, Н/мм	Сдвиговая, Н/мм	Угловая, Нм/град							
СКР 100-2,5-270/0±6/ПП	300	620	108	5	±6	-	-	-	795	-	-	2	2,6	270	5000		90
СКР 125-1,6-270/0±4/ПП	350	650	133	5	±4	-	-	-	579	-	-	1,4	1,75	270	5000		115

Обозначение	D, мм	L, мм	d, мм	s, мм	Амплитуда перемещений			Жесткость			Давление расчетное, МПа	Давление пробное, МПа	Температура расчетная, МПа	Количество циклов	Защитный кожух	Обтекатель	Масса, кг
					Осевая, мм	Радиальная, мм	Угловая, град.	Осевая, Н/мм	Радиальная, Н/мм	Угловая, Нм/град							
СКР 125-0,25-120/О±6/С6/ПП	330	600	133	3	±6	6	-	177	92	-	0,2	0,25	160	3000			60
СКР 150-0,25-150/О±5/С2/М/ПП	426	375	159	4,5	±5	2	1	179	2,5	5,5	0,25	0,37	150	6000	*	*	72,5
СКР 200-0,1-150/О±35/С±10/ПП	446	900	219	6	±35	±10	-	228	62	-	0,1	0,2	150	2400			143
СКР 200-0,4-70/О±20/С20/М/ПП	500	840	219	7	±20	20	4	1007	298	202	0,4	0,6	70	500			225
СКР 200-2,5-270/О±6/ПП	500	720	219	7	±6	-	-	1251	-	-	2	2,6	270	5000			226
СКР 250-1,6-270/О±4/ПП	600	880	273	7	±4	-	-	1043	-	-	1,4	1,75	270	5000			310
СКР 250-4,0-405/О±3/ПП	630	1035	273	10	±31	-	-	2900	-	-	2,8	3,5	450	1000			388
СКР 300-0,63-210/О±6/С37/ПП	670	800	325	12	±6	37	-	811	112	-	0,55	0,85	210	2200			219
СКР 300-0,1-150/О±35/С±10/ПП	594	940	325	6	±35	±10	-	264	140	-	0,1	0,2	150	2400			253
СКР 300-0,1-70/О±20/С20/М/ПП	650	925	325	8	±20	20	4	829	379	332	0,1	0,2	70	500			318
СКР 300-0,63-220/О±8/С-20/М±0,1/ПП	638	965	325	7	±8	20	±0,1	586	317	246	0,6	0,75	220	1000			269
СКР 300-1,0-75/О±5/С±5/ПП	585	768	325	12	±5	±5	-	1600	2000	-	1,0	1,33	75	300			212
СКР 300-1,6-30/О±10/С±5/ПП	700	876	325	15	±10	±5	-	1357	1074	-	1,6	2,4	30	1000			392
СКР 300-1,6-150/О±4/ПП	650	435	325	6	±4	-	-	3415	-	-	1,6	2,0	150	10000			230
СКР 300-2,5-130/О±10/С8/ПП	700	900	325	10	±10	8	-	2956	888	-	1,96	2,69	130	300			447
СКР 300-2,5-150/О±3/С±2/М±0,5/ПП	872	952	325	10	±3	±2	±0,5	2000	500	700	2,5	3,5	150	3000	*	*	530
СКР 300-4,0-405/О±25/ПП	750	1100	325	10	±25	-	-	2522	-	-	2,8	3,5	450	3000			624
СКР 400-1,0-280/О-90/ПП	810	1295	426	12	-90	-	-	1240	-	-	1,0	1,25	300	3000			674
СКР 400-1,6-120/О-20/С+9/М/ПП	845	1225	426	9	-20	9	1	1635	769	751	1,4	1,75	120	3000			540
СКР 400-2,5-150/О±3/С±3/М±0,5/ПП	1025	1000	426	12	±3	±3	±0,5	2500	900	1790	2,5	3,1	150	3000	*	*	792
СКР 400-2,5-70/О±12/О-2/С+3/ПП	909	880	426	12	+12/-2	3	-	3346	4786	-	2,5	3,1	70	5900		*	588
СКР 400-2,5-130/О+5/С+9/ПП	932	901	426	8	±5	19	-	6160	1021	-	2,0	2,75	130	300			644
СКР 500-0,63-32/О-57/ПП	1030	930	530	6	-57	-	-	693	-	-	0,6	0,75	32	1000	*		906
СКР 500-1,0-75/О±22/С+5/ПП	1020	980	530	8	±22	5,5	-	2372	2900	-	1,0	1,33	75	300			826
СКР 500-1,0-50/О±1,2/С±2,1/М±0,036/ПП	1060	792	530	8	±1,2	±2,1	±0,036	1111	1740	1000	1,0	1,3	50	3500			769
СКР 500-1,0-75/О±23/С3/ПП	1020	980	530	7	±23	13	-	2613	3168	-	1,0	1,33	75	300			985
СКР 500-1,6-80/О±3/С±3/ПП	1090	890	530	8	±3	±3	-	2400	500	-	1,6	2,5	80	10000		*	1313
СКР 500-1,6-145/О±15/С-10/ПП	1076	980	530	7	±15	10	-	2838	3265	-	1,0	1,25	145	2000	*	*	1187



КСР 500-2,5-70/О±15/С-15/Λ-2/ΠΠ	1095	1060	530	10	±15	15	2	2616	2873	2792	2,0	2,5	70	1000			1482
КСР 500-2,5-150/О±20/С-10/Λ-1/ΠΠ	1095	1060	530	10	±20	10	1	2534	2781	2702	1,7	2,2	150	1000			1482
КСР 500-2,5-200/О±6/С2/Λ±1/ΠΠ	1135	777	530	7	±6	2	±1	3940	1500	2950	2,5	3,2	200	3000	*	*	1577
КСР 500-6,3-40/О±4,5/С±4,5/ΠΠ	1200	1770	530	12	±4,5	±4,5	-	5772	991	-	6,3	9,4	70	1000			7532
КСР 600-0,4-85/О±3/С±5/ΠΠ	1333	1070	630	8	±3	±5	-	3500	350	-	0,3	0,4	85	2000	*	*	1385
КСР 600-0,63-115/О-8/С7/Λ0,5/ΠΠ	1255	1000	630	12	-8	7	0,5	3150	1190	2230	0,63	1,6	115	5000			1152
КСР 600-0,63-32/О-40/С5/ΠΠ	1200	1085	630	6	-40	5	-	806	1148	-	0,6	0,75	32	1000	+		1303
КСР 600-1,0-70/О-8/С6/Λ0,5/ΠΠ	1185	990	630	12	-8	6	0,5	1930	2600	1760	1,0	1,6	70	5000			1335
КСР 600-1,0-70/О±2/С±2/Λ±1/ΠΠ	1333	1070	630	12	±2	±2	±1	3500	350	3300	1,0	1,3	70	2000		*	1385
КСР 600-1,6-90/О±35/ΠΠ	1220	964	630	8	±35	-	-	3032	-	-	1,6	2,2	90	1000			1800
КСР 600-1,6-150/О±11/С±5/Λ±2/ΠΠ	1250	1010	630	8	±11	±5	±2	2269	3610	2065	1,6	2,0	150	500			1959
КСР 600-1,6-120/О-30/С25/Λ0,5/ΠΠ	1210	1180	630	12	-30	25	0,5	4720	1890	4270	1,4	1,75	120	1500			926
КСР 600-2,5-150/О-48/ΠΠ	1395	1214	630	8	±48	-	-	6325	-	-	2,5	3,12	150	350	*		3325
КСР 600-2,5-150/О±20/С-10/Λ-1/ΠΠ	1270	1060	630	10	±20	10	1	2883	4070	4468	1,7	2,2	150	1000			2019
КСР 600-2,5-70/О±15/С-15/Λ-2/ΠΠ	1270	1160	630	10	±15	15	2	2979	4211	4616	2,0	2,5	70	1000			2019
КСР 700-0,16-260/О±11/С±12/Λ/ΠΠ	1270	1015	720	10	±11	±12	1	285	473	374	0,15	0,22	252	5000			1110
КСР 700-0,4-200/О±30/О-15/ΠΠ	1350	905	720	10	+30/-15	-	-	406	-	-	0,3	0,6	180	5000			1336
КСР 700-1,6-40/О±10,5/О-2,5/С-8/ΠΠ	1360	1200	720	11	+10,5/-2,5	8	-	2154	394	-	1,6	2,0	40	10000		*	1950
КСР 700-1,6-90/О±35/ΠΠ	1350	1010	720	12	±35	-	-	3806	-	-	1,6	2,2	90	1000			2612
КСР 800-0,1-150/О±35/С±10/ΠΠ	1488	1145	820	8	±35	±10	-	300	733	-	0,1	0,2	150	7300			1724
КСР 800-0,16-250/О±3/О-18/С25/Λ±0,5/ΠΠ	1500	875	820	9	+3/-18	28	±0,5	847	386	-	0,135	0,5	250	5000			879
КСР 800-0,25-30/О±14/С±1/ΠΠ	1430	1600	820	8	±14	±1	-	328	37	-	0,25	0,32	30	10000			1505
КСР 800-0,25-35/О±7/ΠΠ	1440	700	820	10	±7	-	-	921	-	-	0,2	0,6	35	12000			1550
КСР 800-0,63-210/О±7/С±20/ΠΠ	1500	1100	820	9	±7	±20	-	276	494	-	0,4	0,6	210	3000			2668
КСР 800-1,6-150/О±37/С±7/Λ±3/ΠΠ	1600	1410	820	10	±37	±7	±3	3263	3328	6668	1,6	2,0	150	500			4318
КСР 800-2,5-90/О±13/ΠΠ	1550	1640	820	11	±13	-	-	3315	-	-	2,1	2,63	90	3000			3604
КСР 1200-0,16-250/О±3/О-18/С34/Λ±0,5/ΠΠ	2100	1045	1020	10	+3/-18	34	±0,5	881	1206	5087	0,135	0,2	250	1000			1831
КСР 1000-0,4-200/О-30/ΠΠ	1800	900	1020	10	-30	-	-	716	-	-	0,3	0,6	170	5000			2614
КСР 1000-1,6-80/О±10/С±13/ΠΠ	1910	1600	1020	10	±10	±13	-	2874	2169	-	1,6	2,0	80	3000	*		5849
КСР 1200-0,4-200/О±2/О-4/ΠΠ	2080	726	1220	9	+2/-4	-	-	1654	-	-	0,3	0,4	200	1000			5500
КСР 1200-1,0-250/О-35/ΠΠ	2070	1165	1240	20	-35	-	-	4060	-	-	0,67	0,95	250	3000	*	*	5876
КСР 1200-1,0-250/О-35/С-7/ΠΠ	2155	1880	1240	20	-35	-7	-	2780	8895	-	0,67	0,95	250	3000	*	*	6505
КСР 1200-1,0-68/О±40/Λ±3/ΠΠ	2216	1355	1220	10	±40	-	3	3105	-	10033	1,0	1,25	68	2000			7910
КСР 1200-1,6-68/О±40/С10/Λ3/ΠΠ	2310	1700	1220	10	±40	10	3	3950	7994	20776	1,6	2,0	68	500			10652

Компенсаторы стартовые. Тип СКСТ

Стартовые компенсаторы предназначены для частичной разгрузки трубопроводов от нагрузок, возникающих при нагреве трубопровода. Стартовый сильфонный компенсатор устанавливается между двумя неподвижными опорами трубопровода, после чего трубопровод заполняется теплоносителем и нагревается до температуры, равной 50% от максимальной рабочей. Компенсатор сжимается на величину рабочего хода, и после выдержки при указанной температуре кожухи стартового компенсатора завариваются между собой. При этом сильфон стартового компенсатора исключается из дальнейшей работы трубопровода, и трубопровод остается в эксплуатации в напряженном состоянии.

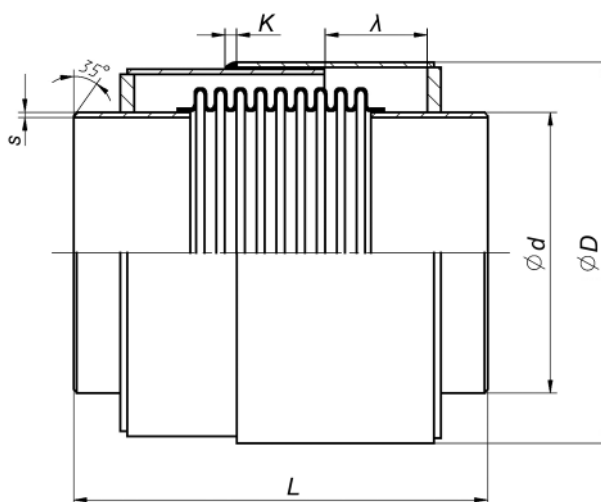


Рис. 11

Таблица 20.

Давление условное 2,5 Мпа, $P_{\text{проб}}=3,15$ МПа

Расчетная температура 150°C. Проводимая среда - вода, пар.

Обозначение	D, мм	L, мм	d, мм	s, мм	Осевой ход, (сжатие) λ , мм	Осевая жесткость, Н/мм	Катет сварного шва K, мм	Масса, кг
СКСТ 80-2,5-150/О-80/ПП	152	350	89	4	80	408	8	10,6
СКСТ 100-2,5-150/О-110/ПП	174	400	108	5	110	447	10	15,6
СКСТ 125-2,5-150/О-110/ПП	194	450	133	5	110	490	10	18,5
СКСТ 150-2,5-150/О-110/ПП	233	550	159	6	110	778	12	29
СКСТ 200-2,5-150/О-140/ПП	296	550	219	7	140	765	14	50
СКСТ 250-2,5-150/О-140/ПП	351	550	273	8	140	908	16	65
СКСТ 300-2,5-150/О-140/ПП	414	550	327	8	140	1089	17	97
СКСТ 350-2,5-150/О-140/ПП	476	550	377	8	140	845	17	105
СКСТ 400-2,5-150/О-140/ПП	524	550	428	8	140	1567	17	120
СКСТ 450-2,5-150/О-160/ПП	575	650	465	8	160	1050	17	170
СКСТ 500-2,5-150/О-170/ПП	640	650	530	10	170	1100	18	200
СКСТ 600-2,5-150/О-170/ПП	768	650	630	10	170	1006	18	267
СКСТ 700-2,5-150/О-170/ПП	870	650	720	10	170	1090	20	310
СКСТ 800-2,5-150/О-170/ПП	955	650	820	10	170	2500	20	320
СКСТ 900-2,5-150/О-170/ПП	1070	750	920	10	170	1415	22	422
СКСТ 1000-2,5-150/О-170/ПП	1180	800	1020	10	170	1974	22	560

Опросный лист заказа сильфонных компенсаторов

Номер, дата		
Заказчик	Наименование	
	Адрес	
Контактное лицо	Должность	
	Ф. И. О.	
Телефон + факс		
E-mail		

Компенсатор

Назначение			
Тип (осевой, универсальный, угловой, карданный, сдвиговой)			
Разгруженный/неразгруженный			
Количество			

Рабочие, расчетные условия

Условный диаметр Ду, мм			
Макс. длина компенсатора, мм			
Давление, МПа	Расчётное -	Пробное -	Рабочее -
Температура, °С	Расчётная -	Пробная -	Рабочая -
Рабочая среда			
Скорость среды, м/с			

Тип, величина рабочего хода

Осевой, мм	
Угловой, градус	
Сдвиговой, мм	
Количество циклов	

Тип соединения (выбрать необходимое)

Под приварку (размеры присоед., мм)	
Фланцевое (ГОСТ или др.)	
Ответные фланцы (да/нет)	
Другое	

Материал

Сильфон	
Фланец	
Труба (патрубок)	
Внутренний обтекатель (гильза)	
Защитный кожух	
Другое	

Защитный кожух (да/нет)	
Внутренний обтекатель (да/нет)	

Дополнительная информация:

--



3.2t

KKI KON

ЗАО «ЭНЕРГОМАШ (БЕЛГОРОД) - БЗЭМ»
Россия, 308017, г. Белгород, ул. Волчанская, 165
Служба продаж:
Телефон: (4722) 35-41-58, 35-40-69
Факс: (4722) 35-41-58, 35-40-69
E-mail: info@kompensatory.ru
www.kompensatory.ru

ГРУППА ПРЕДПРИЯТИЙ «ЭНЕРГОМАШ»
Россия, 119034, г. Москва, Бутиковский пер., 14, стр. 5
Телефон: (495) 792-39-51
Факс: (495) 792-39-75
E-mail: corp@energomash.ru
www.energomash.ru