РАО «ЕЭС РОССИИ»

ОАО «ВНИПИЭНЕРГОПРОМ»

РД-3-ВЭП
РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ОСЕВЫХ СИЛЬФОННЫХ КОМПЕНСАТОРОВ (СК)

по техническим условиям
ИЯНШ .300260.029ТУ,
СИЛЬФОННЫХ КОМПЕНСИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ (СКУ)
по техническим условиям
ИЯНШ. 300260.033ТУ,
СТАРТОВЫХ СИЛЬФОННЫХ КОМПЕСАТОРОВ (ССК)
по техническим условиям
ИЯНШ. 300260.035ТУ,
СИЛЬФОННЫХ КОПЕНСИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ СТАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ С ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ ИЗ ПЕНОПОЛИУРЕТАНА В ПОЛИЭТИЛЕНОВОЙ ОБОЛОЧКЕ
по техническим условиям
ИЯНШ. 300260.043ТУ
предприятия ОАО «НПП «КОМПЕНСАТОР»
ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ, СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ
Первая редакция

Главный инженер
ОАО «ВНИПИЭнергопром» **Л.А. Тутыхин**

Москва
2006 г.

gost.e-ecolog.ru

В разработке

«Руководящего Документа (РД) по применению осевых сильфонных компенсаторов по техническим условиям ТУ5-98 ИЯНШ.300260.029ТУ, сильфонных компенсирующих устройств по техническим условиям ТУ5-99 ИЯНШ.300260.033ТУ и стартовых сильфонных компенсаторов предприятия по техническим условиям ТУ-2000 ИЯНШ.300260.035ТУ **ОАО «НПП «КОМПЕНСАТОР»** при проектировании, строительстве и эксплуатации тепловых сетей»

принимали участие:

Зав. ЛТС д.т.н. Г.Х. Умеркин

Главный специалист инженер А.И.КОРОТКОВ

Инженер Н.А. Елкина

Настоящий РД не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен без разрешения организации разработчика.

СОДЕРЖАНИЕ

ОСНОВНЫЕ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ 4
В качестве вспомогательного материала при разработке настоящего Свода Правил использованы: 4
УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ 5
1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ. 8
2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ 10
2.1. Осевые СК, СКУ и ССК 10
2.2. Требования к трубам 11
ПРАВИЛА ПРОЕКТИРОВАНИЯ 13
3.1. Общие положения 13
3.2. Порядок проектирования 15
3.3. Выбор осевых СК, СКУ и ССК 17
3.4. Размещение осевых СК и СКУ 18
Расчет деформаций. 20
Расстановка направляющих опор. 21
Расчет предельно допустимой длины участка теплопровода 23
Расчет максимально допустимого расстояния между ССК 29
Проверка живучести системы 31
Проверка устойчивости системы 34
3.5. Расчет нагрузок на опоры. 36
3.6. Установка СК, СКУ и ССК на монтаже 39
3.7. Прокладка теплопроводов с осевыми СК, СКУ и ССК 40
4. ОСОБЕННОСТИ ВЕДЕНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ с осевыми СК, СКУ и ССК. 41
4.1. Общая часть 41
4.3. Транспортировка и хранение осевых СК, СКУ и ССК 43
4.4. Монтаж теплопроводов с осевыми СК и СКУ 44
4.5. Изоляция стыков осевых СК и СКУ с теплопроводами 47
4.6. Монтаж сигнальной системы 50
5. ИСПЫТАНИЯ осевых СК и СКУ и ТЕПЛОПРОВОДОВ. 50
5.1. Общие положения. 50
5.2. Проверка чистоты трубопроводной системы. 52
5.3. Проверка качества сварных соединений полиэтиленовой оболочки 52
5.4. Гидравлические испытания. 52
5.5. Испытания сигнальной системы. 53
6. ПРАВИЛА ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ 53
при установке осевых СК, СКУ и ССК 53
Приложение 1 55
Приложение 2 61
Приложение 3 105
Приложение 4 107

ОСНОВНЫЕ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

1. РД 10-249-98 «Нормы расчета на прочность стационарных котлов и трубопроводов пара и горячей воды». Госгортехнадзор России,1999.

2. Отраслевые стандарты: "Котлы стационарные и трубопроводы пара и горячей воды". Нормы расчета на прочность. ОСТ 108.031.08—85, ОСТ 108.031.09—85, ОСТ 108.031.10—85.

3. "Расчет трубопроводов на прочность", А.Г.Камерштейн и др. Москва, Гостоптехиздат, 1966.

4. «Типовые решения прокладки трубопроводов тепловых сетей в изоляции из пенополиуретана", Альбом ВНИПИэнергопрома, 1998.

5. "Руководящие Документы (РД) по применению осевых сильфонных компенсаторов при проектировании, строительстве и эксплуатации тепловых сетей", ВНИПИэнергопром, 1998 – 2000.

6. РД-6-ВЭП "Системы централизованного теплоснабжения". ВНИПИэнергопром.

7. «Справочник по проектированию тепловых сетей, в двух томах, Теплоэлектропроект, 1959.

8. РД-7-ВЭП «Руководящий Документ по проектированию тепловых сетей по заданному уровню надежности с помощью ПК». ВНИПИэнергопром, Пермский Гостехуниверситет. 2000.

В качестве вспомогательного материала при разработке настоящего Свода Правил использованы:

9. Европейский стандарт EN 253;1994.

10. «Справочник по централизованному теплоснабжению» Европейская Ассоциация Производителей Предварительно Изолированных труб для Централизованного теплоснабжения (© EuHP), 1977. Автор П.Рандлов. Перевод Т.Г.Малафеевой.

11. Справочник по расчету и проектированию бесканальных теплопроводов. Киев, Будівельник. 1985.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

$F_{ст}$ — площадь поперечного сечения стенки трубы, мм^2;

$F_{пл}$—площадь действия внутреннего давления ($0{,}785D^2_{вн}$), мм^2;

$D_н$ — наружный диаметр трубы, мм;

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

$D_{об}$— наружный диаметр теплопровода по оболочке, мм;

$D_{ск}$— наружный диаметр СК по сильфону, мм;

s — толщина стенки трубы, мм;

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

μ — коэффициент трения;

φ — угол внутреннего трения грунта, в градусах;

$φ_д$ — коэффициент снижения прочности сварного шва при расчете на давление, Н/мм^2;

$φ_и$ — коэффициент снижения прочности сварного шва при расчете на изгиб, Н/мм^2;

$γ_{пульпы}$ — удельный вес пульпы, Н/м^3;

$ω_{пульпы}$ — объем пульпы, вытесненной теплопроводом, м^3 /м;

$g_{трубы}$ — вес 1 м теплопровода без воды, Н/м;

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

$q_{грунта}$ — вес слоя грунта над трубой, Н/м;

γ — удельный вес грунта, Н/м^3;

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

$\mathfrak{R}_{ст}$ — вертикальная стабилизирующая нагрузка на 1м трубы, Н/м;

$S_{сдвига}$ — сдвигающая сила, возникающая в результате действия давления грунта в состоянии покоя, Н/м;.

t_1 — максимальная расчетная температура теплоносителя, °С;

t_o — расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления (средняя температура наружного воздуха наиболее холодной пятидневки, обеспеченностью 0,92), °С;

$t_{монт}$ — монтажная температура, °С;

$σ_{расч}$ — расчетное осевое напряжение в трубе, Н/мм^2;

$σ_ж$ — напряжение в трубе от силы жесткости сильфона СК, Н/мм^2;

$σ_{из}$ — напряжение от собственного веса теплопровода, Н/мм^2;

$σ_{раст}$ — растягивающее окружное напряжение от внутреннего давления, Н/мм^2;

$σ_{доп}$ — допускаемое осевое напряжение в трубе, Н/мм^2;

$σ_{ос}$ — дополнительное напряжение, возникающее в трубе при остывании от (t_o) до ($t_{мин}$);

[σ]- номинальное значение допускаемого напряжения материала

$S_{эф}$— эффективная площадь поперечного сечения сильфонного компенсатора, $S_{эф}=0{,}785.D^2_{ср.сильфона}$, см^2;

$C_λ$ — жесткость осевого хода, Н/см;

$λ_{-1}$ — амплитуда осевого хода, мм;

L — расстояние между неподвижными опорами или условно неподвижными сечениями трубы, м;

$L_{подв}$— расстояние между подвижными опорами, м;

$L_{ску}$— паспортная длина СК или СКУ, мм;
$P_р$ — распорная сила сильфонных компенсаторов, , Н;
$P_ж$ — сила жесткости сильфонных компенсаторов, Н;
$P_{тр}$ — сила трения теплопровода о грунт на участках бесканальной прокладки, Н;
$P_{вн}$ — внутреннее давление, Н/мм^2;
N — осевое (сжимающее, растягивающее) усилие в трубе, Н;
W — момент сопротивления поперечного сечения стенки трубы, $W=0,1(D_н^4 - D_{вн}^4) : D_н$, см^3;
α— коэффициент линейного расширения стали, 0,012 мм/м°С;
J — момент инерции трубы: $J = 0,05(D_н^4 - D_{вн}^4)$ см^4;
$\mathbf{t_э}$ — минимальная температура в условиях эксплуатации ($t_{монт}$, $t_{упора}$ или другая температура). Выбор $t_э$ выполняется проектировщиком по согласованию с заказчиком и эксплуатирующей организацией.

Приведенные в тексте правила и формулы составлены так, что все расчеты могут производиться как с использованием энергетической теории прочности, так и по предельным состояниям.

В примерах расчеты ведутся по энергетической теории прочности. В этом случае все формулы применяются в представленном в Руководстве виде.

При ведении расчетов на прочность элементов и конструкций тепловых сетей по предельным состояниям следует индивидуально с максимальной точностью **учитывать** все нагрузки и воздействия, возникающие при строительстве, монтаже, испытаниях и эксплуатации, вероятность перегрузки и ее характер (постоянная, кратковременная, временная длительная, особая), условия работы материала и условия работы конструкции в целом, а также неоднородность материала и индивидуальные особенности производства рассчитываемого элемента. Реализуется это путем введения соответствующих **индивидуальных коэффициентов** в зависимости от того, ведутся ли расчеты по пределу прочности или по пределу текучести.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ, использованные в примерах:

Диаметр стальной трубы - $D_н$ = 159 мм,
Толщина стенки трубы - s = 4,5 мм,
Диаметр ППУ-оболочки - $D_{об}$= 250 мм.

$\sigma_{расч}$ — расчетное осевое напряжение в трубе - 110 Н/мм^2;
$q_{трубы}$ — вес 1 м теплопровода с водой - 503 Н/м;
μ — коэффициент трения при ППУ и ППМ изоляции - 0,40,
γ — удельный вес грунта -18000 Н/м^3;
Z — глубина засыпки по отношению к оси трубы - 1 м;
λ_{-1} — амплитуда осевого хода: СКУ 150 мм – 50 мм;
α — коэффициент линейного расширения стали: 0,012 мм/м°С;
E — модуль упругости материала трубы, 2.10^5 Н/мм^2;
t_1 — 150 °С;
t_o — расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления, $t_{o(0,92)}$ = -30 °С;
$q_{трубы}$ — вес 1 м теплопровода без воды: - 341 Н/м;
$S_{эф}$ — эффективная площадь поперечного сечения СКУ - 279 см^2;
C_λ — жесткость осевого хода СКУ 150 мм - 2180 Н/см;
W — момент сопротивления поперечного сечения стенки трубы: W= 0,1(15,9^4 – 15^4) : 15,9 = 83,57 см^3;
φ_1 — коэффициент прочности поперечного сварного шва - 0,9;
$P_{вн}$ — внутреннее давление: -1 ,6 Н/мм^2;
J — момент инерции сечения трубы:
J = 0,05(15,9^4 – 15^4) = 664,4 см^4.

1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ.

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

1.2. РД распространяется на тепловые сети, конструкция и технические данные которых соответствуют нормативным документам Российской Федерации, и которые способны обеспечить гарантированную проектом величину тепловых потерь, надежный транспорт и качество теплоносителя в системе теплоснабжения в течение всего **заданного** срока службы.

1.3. РД содержит рекомендации по применению осевых неразгруженных сильфонных металлических компенсаторов по техническим условиям ИЯНШ.300260.029ТУ (**осевых СК**), сильфонных компенсирующих устройств (**осевых СКУ**), изготавливаемых на базе **СК** по техническим условиям ИЯНШ .300260.033ТУ, сильфонных компенсирующих устройств для стальных трубобпроводов с тепловой изоляцией из пенополиуретана в полиэтиленовой оболочке ИЯНШ .300260.043ТУ предприятия ОАО «НПП «Компенсатор», и стартовых сильфонных компенсаторов **ССК** по техническим условиям ИЯНШ .300260.035ТУ для компенсации температурных деформаций теплопроводов тепловых сетей.

1.4. Срок службы конструкций собственно теплопроводов 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 [л.1, пункт 5.1.5.2.5], если повреждаемость от действия всех видов нагрузок удовлетворяет одновременно двум условиям: циклической прочности (малоцикловой усталости) и допускаемой величине напряжения в трубопроводе от суммарной нагрузки:

$$\sum \frac{Ц_i}{[Ц]_i} \le 1; \qquad \frac{\sigma_{сус}}{[\sigma]} \le 1,$$

где:

$Ц_i$ — число циклов нагружения данного типа;

$[Ц]_i$ — допускаемое число циклов нагружения данного типа;

$\sigma_{сус}$ — суммарное эквивалентное напряжение от весовых нагрузок, самокомпенсации и внутреннего давления;

$[\sigma]$ — номинальное допускаемое напряжение.

1.4.1. При применении теплопроводов и их элементов в пенополиуретановой теплоизоляции (в ППУ-изоляции) срок службы определяется по ГОСТ 30732-2000 [10] и составляет при постоянной рабочей температуре теплоносителя:

120^{0}С – 30 лет,
130^{0}С – 9 лет,
140^{0}С – 4 года,
150^{0}С – 1 год.

Срок службы трубопроводов в ППМ-изоляции при 150^{0}С составляет 30 лет, в АПБ – изоляции при180^{0}С – 30 лет.

1.4.2. Сильфоны осевых **СК, СКУ, ССК** относятся к группе неремонтируемых изделий. Сроки их службы и замены на новые устанавливаются ОАО «НПП «Компенсатор» 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:

для СК, СКУ:

- при эксплуатации на одном из режимов табл.1 и 2 приложения 3.

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

для ССК:

по назначенной наработке, равной одному циклу с 100% нагружением сжатием в течение всего срока службы, и по назначенной наработке 100 циклов с нагружением 15% осевым ходом в период выполнения монтажных работ.

1.4.3. При назначении сроков службы СК, СКУ и ССК следует также учитывать климатологические данные, вид прокладки и конструктивные особенности компенсаторов:

- при установке **СК**:

на открытом воздухе в местностях с расчетной температурой наружного воздуха для проектирования отопления выше -40^{0}С 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;

- при установке **СКУ**:

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

на открытом воздухе в местностях с расчетной температурой наружного воздуха для проектирования отопления ниже – 40^{0}С, но выше -50^{0}С срок службы может назначаться до 20 лет;

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

- при установке **ССК**:

На теплопроводах, прокладываемых бесканально, срок службы устанавливается независимо от климатических условий до 25 лет.

1.5. Для осевых сильфонных компенсаторов, сильфонных компенсационных устройств и стартовых сильфонных 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. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

2.1. Осевые СК, СКУ и ССК

2.1.1. **Осевые СК** при наличии защиты сильфонов от загрязнения и механических повреждений и **осевые СКУ** предназначены для компенсации температурных деформаций теплопроводов *при всех видах надземной и подземной прокладки* тепловых сетей, **ССК** предназначены *для бесканальной прокладки.*

2.1.2. Предельно допустимые параметры транспортируемой среды—горячей воды:

температура:		– 150°С,
давление:	условное	- до 2,5 МПа,
	рабочее	- по ГОСТ 356,

2.1.3. **Осевые СК, СКУ и ССК** могут применяться в районах с расчетной температурой наружного воздуха не ниже минус 50°С и сейсмичностью не более 9 баллов по шкале Рихтера.

2.1.4. При заказе и применении **осевых СК, СКУ и ССК** следует руководствоваться требованиями, изложенными в технических условиях ОАО «НПП «Компенсатор»:

ИЯНШ.300260.029ТУ «Компенсаторы сильфонные осевые металлические», 2006 г.,

ИЯНШ.300260.033ТУ «Сильфонные компенсационные устройства для тепловых сетей», 2006 г.,

ИЯНШ.300260.035ТУ «Стартовые сильфонные компенсаторы», 2000г.,

ИЯНШ.300260.043ТУ «Сильфонные компенсационные устройства для стальных трубопроводов с тепловой изоляцией из пенополиуретана в полиэтиленовой оболочке», 2006г.,

основные из которых следующие:

2.1.5. **Осевые СК, СКУ и ССК** в соответствии с ОСТ5Р.9798 должны испытываться на предприятии-изготовителе на прочность пробным ($\mathbf{P_{пр}}$) давлением, равным 1,25 $\mathbf{P_у}$. Класс герметичности 1У по ОСТ5Р.0170.

2.1.6. Теплоизоляционное и гидрозащитное покрытия **осевых СК, СКУ и ССК** *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.

2.1.7. 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 СК, СКУ и ССК**:

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

2.1.8. Конструкция **осевых СК и СКУ**, заказываемых для теплопроводов тепловых сетей отвечают требованиям **живучести (ГОСТ 27.002—89)** и способны противостоять разрушению при *критических отказах,* связанных с вынужденным опорожнением теплопроводов в периоды нерасчетного понижения температуры наружного воздуха (ниже $\mathbf{t_o}$).

2.1.9. Срок сохраняемости **осевых СК, СКУ и ССК** до ввода в эксплуатацию — не менее 5 лет.

2.2. Требования к трубам

2.2.1. При строительстве тепловых сетей с **осевыми СК, СКУ и ССК,** а также для изготовления присоединительных и переходных патрубков, рекомендуется применять те же стальные трубы (приложение 1, табл.1), что и для теплопроводов, 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".

2.2.2. Основные механические свойства металла труб, применяемых для тепловых сетей и патрубков **осевых СК, СКУ и СК** должны соответствовать данным, приведенным в приложении 1, таблица 2.

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

2.2.4. Минимальная толщина стенки труб из сталей марок ВСт3Сп5, Ст10, Ст20 *при бесканальной прокладке* принимается по приложению 1, таблица 3.

2.2.5. Смещение кромок заводских сварных швов труб и присоединительных патрубков **осевых СК, СКУ и СК** не должны превышать 10% номинальной толщины стенки для прямошовных труб.

2.2.6. Для изготовления патрубков **осевых СК, СКУ и ССК** следует применять электросварные прямошовные и бесшовные трубы в регионах с расчетной температурой наружного воздуха для проектирования отопления (t_o):

до минус 30°С - из стали марок: ст.10, ст.20, ст3сп5,
до минус 40°С - из стали 17ГС,
до минус 50°С - из стали 09Г2С

2.2.7. При установке патрубков **осевых СК, СКУ и ССК** сварные швы прямошовных труб трубопроводов тепловых сетей $D_y \geq 500$ мм должны быть двухсторонними.

2.2.8. Предельный минусовый допуск в зависимости от толщины стенки (**s**) патрубков не должен превышать величин, приведенных в приложении 1, таблица 4.

2.2.9. Отклонение по наружному диаметру $D_н$ и допустимая овальность труб даны в приложении 1, табл. 5.

2.2.10. При применении в тепловых сетях с **осевыми СК, СКУ и ССК** чугунных труб $D_y \leq 300$ мм с шаровидным графитом (ВЧШГ) Липецкого НПП «ВАЛОК-ЧУГУН», разрешенных Ростехнадзором письмом № 03-35/152 от 19.04.96 в экспериментальном порядке для сооружения трубопроводов пара и горячей воды с давлением до 1,6 МПа и температурой до 150°С, следует соблюдать технические условия ТУ1468-004-39535214-96 "Трубы центробежные из чугуна с шаровидным графитом под сварку для теплотрасс" и ТУ 1468-002-39535214-96 "Фасонные части сварные из чугуна с шаровидным графитом для трубопроводов теплофикации". Сварку производить по "Инструкции на сварку, термообработку, контроль и ремонт соединений трубопроводов теплофикации из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом".

2.2.11. При применении труб, не указанных в приложении 1 к настоящему Руководству, и отсутствующих в «Правилах

устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды», следует получить разрешение Ростехнадзора на основании положительного заключения НПО ЦКТИ, согласования с генпроектировщиком и эксплуатирующей организацией.

2.2.12. **Не рекомендуются** к применению стальные трубы по Европейскому стандарту EN 253;1994 (DIN 1626) из трубных сталей TW 360 и TW 500 (U ст.37, ст.44, ст.45) из-за значительного несоответствия геометрических размеров этих труб (наружный диаметр, толщина стенки) с размерами труб, применяемых в России. Кроме того, трубные стали TW 360, TW 500 имеют пониженную коррозионную стойкость и повышенную чувствительность к хлору, который содержится в компонентах пенополиуретана. Указанные стандарты не полностью отвечают требованиям в части необходимых испытаний, контроля и т.п.

При особой необходимости применения в тепловых сетях труб, поставляемых по DIN 1626 (включая марку стали Ст 37, обладающей пониженной стойкостью к коррозии), следует получить сертификат соответствия требованиям «Правил устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды» (ПБ-03-75-24) от российской организации, аккредитованной Ростехнадзором.

Указанные трубы должны быть подвергнуты дополнительным испытаниям:

- на ударную вязкость основного металла и сварного шва;
- на загиб сварного шва;
- 100% проверки сварных заводских швов неразрушающим методом.

Все отступления от «Правил устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды» (ПБ-03-75-24) должны быть дополнительно согласованы с Ростехнадзором.

ПРАВИЛА ПРОЕКТИРОВАНИЯ

3.1. Общие положения

3.1.1. В настоящем РД приведены **только** те нормы и правила проектирования, которые **непосредственно связаны с особенностями применения неразгруженных осевых СК, СКУ и ССК** в тепловых сетях.

3.1.2. При проектировании тепловых сетей с применением неразгруженных **осевых СК, СКУ, ССК** основными документами являются:

— СНиП 41-02-2003 "Тепловые сети", СНиП 2.04.07-86* «Тепловые сети», СНиП 41-03-2003 «Тепловые сети», СНиП 2.04.14-88 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов» (с изменениями и дополнениями);

— технические условия ИЯНШ.300260.029ТУ, ИЯНШ.300260.033ТУ, ИЯНШ.300260.035ТУ и

ИЯНШ.300260.043ТУ предприятия ОАО «НПП «Компенсатор»;

— 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;
— ГОСТ 30732-2001 «Трубы и фасонные изделия стальные с тепловой изоляцией из пенополиуретана в полиэтиленовой оболочке»
— «Руководство по проектированию тепловых сетей по заданному уровню надежности с помощью ПЭВМ. ВНИПИэнергопром, Пермский Гостехуниверситет. 2000.

3.1.3. РД распространяется на следующие виды теплопроводов тепловых сетей:

— теплопроводы 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»;
— теплопроводы 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».
— теплопроводы 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»;
— теплопроводы 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;
— теплопроводы в других видах теплоизоляции, прошедшие необходимый цикл испытаний и имеющие сертификат соответствия. Выдача сертификатов по тематике «Конструкции и оборудование тепловых сетей» осуществляется органами Топливно-энергетического

комплекса (ТЭК СЕРТ) на основании экспертного заключения лаборатории «Трубопроводы и оборудование» Топливно-энергетического комплекса.

3.2. Порядок проектирования

ВЫБОР СКУ

Канальная прокладка	**Бесканальная прокладка**	**Надземная прокладка**
ППМ, М ППМ: таб. 21 М: таб. 22	ППУ, ППМ, АПБ, ССК ППУ: таб. 17,18,19 ППМ: таб. 21 АБП: таб. 20, 23 ССК: таб.24	ППМ, М ППМ: таб. 21 М: таб. 22

РАЗМЕЩЕНИЕ СКУ

Канальная прокладка	**Бесканальная прокладка**	**Надземная прокладка**

1.Предельная длина участка Как искл. Формулы [5],[6],[7], [8],[9]	1.Предельная длина участка Как искл. Формулы [5],[6],[7], [8],[9]	1.Предельная длина участка Как искл. Формулы [5],[6],[7], [8],[9]
2. Температурная деформация Формулы [1,[2],[3],[4].	2. Температурная деформация Формулы [1,[2],[3],[4].	2. Температурная деформация Формулы [1,[2],[3],[4].
3.Способ применения: 1,Ш	3.Способ применения: 1,Ш	3.Способ применения: 1,П,Ш
4. Проектная длина участка Формулы:[10],[11],[12],[13], [14]	4. Проектная длина участка Формулы:[10],[11],[12],[13], [14] Для ССК формулы:[15]-[19]	4. Проектная длина участка Формулы:[10],[11],[12],[13], [14]
5. Расстановка направл.опор: Пункты: 3.4.7-3.4.12	5. Расстановка направл.опор: Пункты: 3.4.7-3.4.12	5. Расстановка направл.опор: Пункты: 3.4.7-3.4.12
6. Живучесть системы: Как искл.Формулы [20]-[24].	6. Живучесть системы: Как искл.Формулы [20]-[24].	6. Живучесть системы: Как искл.Формулы [20]-[24].
7. Устойчивость системы: Формулы [25]-[32].	7. Устойчивость системы: Формулы [25]-[32].	7. Устойчивость системы: Формулы [25]-[32].

РАСЧЕТ НАГРУЗОК НА ОПОРЫ

Канальная прокладка	**Бесканальная прокладка**	**Надземная прокладка**

Расчет нагрузок на опоры проводится по формулам [33] – [47] с учетом пунктов 3.4.1 – 3.4.12

УСТАНОВКА СКУ НА МОНТАЖЕ

Монтажная длина компенсаторов определяется по формулам [43] – [45] в зависимости от способа применения СКУ с учетом требований пунктов 3.4.21, 3.6.1, 3.6.2, 4.4.1 – 4.4.10.

Расчет настройки ССК определяется по формулам [51] – [58]

3.3. Выбор осевых СК, СКУ и ССК

3.3.1. **Осевые СК и СКУ** рекомендуется выбирать равного с теплопроводом диаметра, принимая соответствующую компенсирующую способность и технические характеристики:

— для **осевых СК** — по приложению 2, таблица 1-16 (технические условия ОАО «НПП «КОМПЕНСАТОР» ИЯНШ.300260.029ТУ «Компенсаторы сильфонные осевые металлические», 2006г.), ИЯНШ.300260.043ТУ «Сильфонные компенсационные устройства для стальных трубопроводов с тепловой изоляцией из пенополиуретана в полиэтиленовой оболочке», 2006 г.);

— для **осевых СКУ** — по приложению 2, таблицы 17-23, (технические условия ОАО «НПП «Компенсатор» ИЯНШ.300260.033ТУ «Сильфонные компенсационные устройства для тепловых сетей», 2006г. и ИЯНШ.300260.043ТУ «Сильфонные компенсационные устройства для стальных трубопроводов с тепловой изоляцией из пенополиуретана в полиэтиленовой оболочке», 2006).

— Для ССК – по приложению 2, таблица 24 (технические условия ОАО «НПП «Компенсатор» ИЯНШ.300260.035ТУ «Стартовые сильфонные компенсаторы для тепловых сетей», 2000 г.).

3.3.2. Допускается применение при необходимости **осевых СК, СКУ и ССК** большего или меньшего диаметра, чем диаметр теплопровода, с установкой переходов. Входной и выходной переходы **СК, СКУ и ССК** могут быть разных диаметров в зависимости от присоединяемых теплопроводов. Переходы рекомендуется заказывать одновременно с **осевыми СК, СКУ и ССК.**

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

3.3.4. Для *бесканальной прокладки* теплопроводов:

— в **ППУ-изоляции** — следует выбирать **осевые СКУ** в конструктивном исполнении I, Ia, (таб 19) и (таб.17, 18);

— **АПБ-изоляции** — следует выбирать **осевые СКУ** в конструктивном исполнении I, II (таб. 20);

— в **ППМ-изоляции** — следует выбирать **осевые СКУ** в конструктивном исполнении 1 или 1С (таб. 21);

— **ССК** – следует выбирать по техническим характеристикам и размерам, указанным в таблице 24.

3.3.5. При подземной прокладке теплопроводов в каналах, туннелях, камерах, надземной прокладке *и в помещениях* теплопроводов в **М-изоляции** следует выбирать **осевые СКУ** в конструктивном исполнении 1 или 1С (таб. 22).

3.3.6. Для теплопроводов в других видах теплоизоляции при подборе **осевых СКУ** следует пользоваться приложениями в зависимости от характеристик теплоизоляционной конструкции, принимая за аналоги характеристики теплоизоляционные конструкций, перечисленных в пункте 3.1.3.

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

3.3.8. Установка на теплопроводах **осевых СК** по ИЯНШ.300260.029ТУ.

При необходимости бескамерной установки **осевых СК** на *бесканально прокладываемых* теплопроводах следует защищать их **несущими** кожухами, способными воспринимать внешние нагрузки.

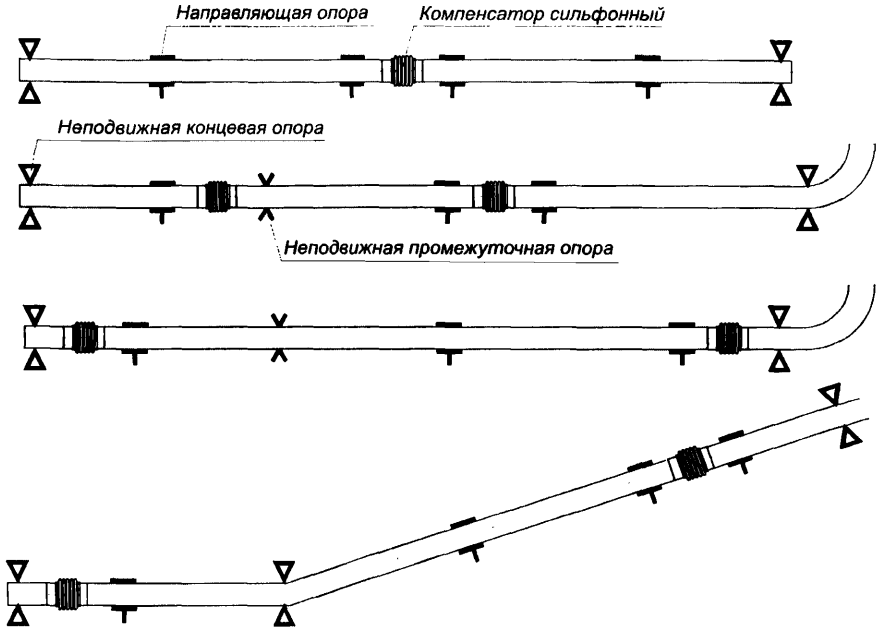
При других видах прокладки следует предусматривать установку **осевых СК** с защитными кожухами, способными предохранять сильфоны от загрязнений, случайных механических повреждений и агрессивного воздействия окружающей среды.

Заказчик при заказе **осевых СК** должен оговорить конструктивное назначение кожуха и осуществить его изготовление по документации ОАО «НПП «Компенсатор».

3.4. Размещение осевых СК и СКУ

3.4.1. *При канальной и надземной прокладке* применяются **осевые СКУ**, которые могут размещаться в любом месте теплопровода между двумя неподвижными опорами или естественно неподвижными сечениями трубы. *При бесканальной прокладке* **СКУ** могут устанавливаться в любом месте теплопровода. (подробно см. п.3.7.3)

Примеры размещения осевых СК и СКУ на теплопроводах



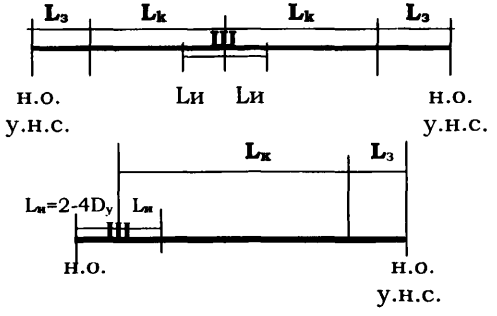
3.4.2. Протяженный теплопровод может иметь три вида зон (участков):

— **зоны изгиба** [$L_и$] — участки теплопровода, непосредственно примыкающие к компенсатору. Эти участки при нагреве теплопровода перемещаются в осевом и боковых направлениях;

— **зоны компенсации** [$L_к$] — участки теплопровода, примыкающие к компенсатору, перемещающиеся при температурных деформациях. Участки изгиба включаются в длину участков компенсации;

— **зоны защемления** [$L_з$]— неподвижные (защемленные) участки теплопровода, примыкающие к неподвижным опорам или естественно неподвижным сечениям трубы,

компенсация температурных деформаций в которых происходит за счет изменения осевого напряжения.



Расчет деформаций.

3.4.3. В общем случае **деформация теплопровода** [ΔL] рассчитывается по формуле:

$$\Delta L = \Delta l_t - \Delta l_{тр} - \Delta l_{дм} + \Delta l_p; \qquad \textbf{[1]}$$

где:

Δl_t — температурная деформация

$\Delta l_{тр}$ — деформация под действием сил трения

Δl_p; — деформация от внутреннего давления

$\Delta l_{дм}$— реакция демпфера (грунта, поролоновых подушек, жесткости осевого компенсатора, упругости П-образных, Г-образных, Z-образных и др. компенсирующих устройств).

3.4.4. **Длина зоны (участка) компенсации [$L_к$]** при применении осевых **СК, СКУ, ССК** рассчитывается по формуле:

$$\mathbf{L_к = \frac{F_{ст}}{f_{тр}} [E.\alpha . \Delta t . 10^{-3} + (A - 0{,}3).\sigma_{раст}], \quad м; \qquad [2]}$$

3.4.5. **Максимальное удлинение зоны компенсации** ($\Delta L_к$) при нагреве теплопровода после засыпки траншеи грунтом можно определить по упрощенной формуле:

$$\mathbf{\Delta L_к = \Delta l_t - \Delta l_{тр} = \alpha\,(t_1 - t_э).L_к.10^{-3} - \frac{f_{тр} . L_к^2}{2 . E . F_{ст}}, \quad м; \qquad [3]}$$

В формулах:

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

t_1 — максимальная расчетная температура теплоносителя, °С;

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

$L_к$ — длина зоны (участка) компенсации, м;

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

E — модуль упругости материала трубы, 2.10^5 Н/мм^2;

$F_{ст}$ — площадь поперечного сечения стенки трубы, мм^2:

A — коэффициент, учитывающий активную поверхность сильфона осевых СК, СКУ:

$$A = 0{,}5.[1 - (Dc/D_{вн})^2]; \qquad [4]$$

D_c — средний диаметр сильфона, мм;

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

$\sigma_{раст}$ — растягивающее окружное напряжение от внутреннего давления, Н/мм^2 (см. формулу [13]).

Примечание:

В формулах [2 и 3] с целью упрощения проектных расчетов не учтено влияние усилия от активной реакции упругой деформации компенсатора: $N_г/F_{ст}$.

Расстановка направляющих опор.

3.4.6. Между двумя неподвижными опорами или естественно неподвижными сечениями трубы должен размещаться только один **осевой СК, СКУ или ССК.**

3.4.7. При применении **осевых СК или СКУ** на теплопроводах при *подземной прокладке в каналах, туннелях, камерах, надземной прокладке и в помещениях* установка направляющих опор обязательна.

3.4.8. 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 теплопровода на устойчивость.

3.4.9. При применении **СКУ** по техническим условиям ИЯНШ.300260.033ТУ на теплопроводах при подземной прокладке в каналах, туннелях и камерах, а также при надземной прокладке и в помещениях установки первой пары направляющих опор на расстоянии 2÷4 Dy не **требуется**, т.к. они предусмотрены конструкцией СКУ, но обязательна установка направляющих опор на расстоянии 14÷16 Dy от СКУ.

3.4.10. При размещении **осевых СК, СКУ или ССК** у неподвижной опоры расстояние до нее должно быть в пределах $2D_y$-$4D_y$. В этом случае направляющие опоры для СК и СКУ устанавливаются только с одной стороны. С другой стороны их функцию выполняет неподвижная опора.

3.4.11. В случае размещения **осевых СК или СКУ** в камерах функции направляющих опор могут выполнять стенки камер со специальной конструкцией обвязки входного и выходного проемов камеры.

3.4.12. Направляющие опоры (см. рис. в Приложении 4) 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**.

3.4.13. При *бесканальной прокладке* теплопроводов **с осевыми СК или СКУ** следует провести проверку теплопроводов на устойчивость в следующих случаях:

— при малой глубине заложения теплопроводов (менее ~ 1 м от оси труб до поверхности земли);
— при вероятности затопления теплопровода грунтовыми, паводковыми или другими водами;
— при вероятности ведения земляных работ;
— при необходимости принятия дополнительных мер по обеспечению живучести теплопровода (на основе технического задания заказчика).

При вероятности сезонного подъема уровня стояния грунтовых или поверхностных вод **выше** глубины заложения *бесканально проложенных* теплопроводов **с осевыми СК или СКУ** следует провести проверку на всплытие не заполненного водой теплопровода.

3.4.14. При выборе места размещения **осевых СК или СКУ** должна быть обеспечена возможность сдвижки кожуха компенсатора в любую сторону на его полную длину.

3.4.15. **Осевые СК или СКУ** с внутренними направляющими патрубками следует устанавливать на теплопроводах так, чтобы направление стрелки на корпусе компенсатора совпадало с направлением движения теплоносителя.

Расчет предельно допустимой длины участка теплопровода

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

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

где:

$\sigma_{расч}$ — расчетное осевое напряжение в трубе, Н/мм^2

$F_{ст}$ — площадь поперечного сечения стенки трубы, мм^2:

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

где:

$D_н$ — 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:

$$f_{тр} = \mu[(1-0.5\varphi)\, \gamma \cdot Z \cdot \pi \cdot D_{об} \cdot 10^{-3} + q_{трубы}], \quad \text{Н/м;} \qquad [7]$$

где:

φ — угол внутреннего трения грунта (для песка φ=0,5)

С учетом этого [7] можно переписать в виде:

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

$q_{трубы}$ — 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/м^3,

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

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

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

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

Пример:

Определить предельную длину прямого участка теплопровода D_y 150 мм: Грунт песчаный, угол естественного откоса грунта φ=35°.

1. Площадь поперечного сечения стенки трубы:

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

2. Удельная сила трения на единицу длины трубы:

$$f_{тр} = \mu(0{,}75 \cdot \gamma \cdot Z \cdot \pi \cdot D_{об} \cdot 10^{-3} + q_{трубы}) =$$

$=0,4(0,75.18000.1.3,14.250.10^{-3} + 503) = \quad 4440$ Н/м.

3. Предельная длина прямого участка теплопровода:

$$\mathbf{L_{пред}} = \frac{\sigma_{доп} \cdot \mathbf{F_{ст}}}{f_{тр}} = \frac{110 \cdot 2183}{4440} = 54 \text{ м.}$$

$\sigma_{доп}$- допускаемое осевое напряжение в трубе, Н/мм^2

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

[σ]- 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 φ=1, при выборочном контроле шва φ = 0,8, а менее 10% φ = 0,7.

P – избыточное внутреннее давление, Мпа.

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

Допускается использовать приближенные формулы:

при $\varphi_н$=1:

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

при $\varphi_н$=0,8:

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

Примечание.

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

$$\mathbf{F_{ст}} = \pi \cdot (\mathbf{D_н} - \mathbf{s}) \cdot \mathbf{s} = 3,14(159 - 6).6 = 2882 \text{ мм}^2$$

$$f_{тр} = \mu(\mathbf{0,75.}\ \gamma.\ \mathbf{Z.\pi.D_{об}.10^{-3}} + \mathbf{q_{трубы}}) =$$
$$=0,4(0,75.18000.1.3,14.250.10^{-3} + 508) = \quad 4445 \text{ Н/м.}$$

$$\mathbf{L_{пред}} = \frac{\sigma_{доп} \cdot \mathbf{F_{ст}}}{f_{тр}} = \frac{110 \cdot 2882}{4445} = 71 \text{ м.}$$

3.4.17. Расчет предельной длины теплопровода 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 теплопроводов в районах высокой сейсмики.

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

$f_{тр} = (q_{трубы} + q_{пригруз} + \eta_{вет} + \eta_{лед} + \eta_{снег}) \cdot \mu$, **Н/м; [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 теплопроводов 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.

$\eta_{ветер} + \eta_{лед} + \eta_{снег}$ — дополнительная перегрузка:

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

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

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

где:

Ψ — скоростной напор ветра, Н/м^2 (по СНиП 23-01-99 "Строительная климатология");

$q_{снег}$ — нормативный вес снегового покрова, Н/м^2 горизонтальной проекции на 1 м теплопровода (СНиП 2.01.07-85);

$h_{выс}$ — высота вертикальной проекции конструкции (теплопровод + пригруз), м;

$h_{шир}$ — суммарная ширина в горизонтальной плоскости всех теплопроводов и конструкций (теплопровод + пригруз), м.

Способы применения СК, СКУ, ССК при прокладке тепловых сетей

3.4.18. С **СК, СКУ** применимы три основных способа прокладки теплопроводов тепловых сетей

1 способ

С использованием компенсирующей способности СК, СКУ в соответствии с пунктом 7.34 СНиП 2.04.07-86* "Тепловые сети" в диапазоне изменения температуры стенки трубопровода от максимальной (t1), равной максимальной расчетной температуре

теплоносителя, до расчетной температуры наружного воздуха для проектирования отопления (to)

II способ

С использованием компенсирующей способности СК, СКУ в диапазоне изменения температуры стенки трубопровода от максимальной, равной расчетной температуре теплоносителя (t1), до минимальной (t.мин), равной наименьшей температуре наружного воздуха в данной местности. Значение (t.мин) определяется по согласованию с заказчиком по СНиП 23-01-99 "Строительная климатология" или по заданной обеспеченности (например, tмин (0,98)) , оС.

III способ.

С использованием всей компенсирующей способности СК, СКУ в диапазоне изменения температуры стенки трубопровода от максимальной (t1), принимаемой равной расчетной температуре теплоносителя, до (tэ = tупора) — температуры стенки трубопровода в момент упора в ограничитель полностью растянутого сильфона.

Колебания температур в защемленных (неподвижных) трубах от (tупора) до (to) компенсируются изменением осевого напряжения (σос) в трубах.

IV способ.

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

3.4.19. Первый способ применения **осевых СК или СКУ** допускается применять *при всех видах прокладки теплопроводов.* Максимальная длина участка, на котором устанавливается один **осевой СК или СКУ,** рассчитывается по формуле:

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

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 $t_{о(0,92)}$) по СНиП 23-01-99 "Строительная климатология", °С.

Пример:

Определить максимальную длину участка, на котором устанавливается один **осевой СК или СКУ** D_y 150 мм:

$$L_м^{\lambda} = \frac{0,9 \cdot 2 \cdot \lambda_{-1}}{\alpha \cdot (t_1 - t_о)} = \frac{0,9.2.50}{0,012.(150+30)} = 41,7 \text{ м} < 54 \text{ м},$$

3.4.20. Второй способ применяется *при надземной прокладке.* При втором способе применения **осевых СК или СКУ** максимальная длина участка, на котором устанавливается один **осевой СК или СКУ,** рассчитывается по формуле [10], но вместо температуры ($t_о$) подставляется $t_{мин}$ — 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, $t_{мин\ (0,98)}$), °С.

3.4.21. При применении для теплопроводов *при надземной прокладке* конструкций **осевых СК или СКУ**, в которых не предусмотрен ограничитель нерасчетного растяжения сильфона, установка их выполняется по второму способу.

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

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

Примечание: по согласованию с ОАО «Компенсатор» коэффициент запаса (0,9) может не применяться.

В формуле (11):

$t_э$ — минимальная температура в условиях эксплуатации (tмонт, tупора, или любая другая температура). Выбор (расчет) tэ выполняется проектировщиком по согласованию с заказчиком и эксплуатирующей организацией.

Пример:

Температура $t_э$ для случая, когда длина компенсируемого участка $L_м^{\lambda}$ теплопровода D_y 150 мм выбрана равной $L_{пред}$, определяется по формуле:

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

При $t_э = t_{упора}$ 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:

$$t_{упора} = \frac{\varphi_1 (\sigma_{доп} - 0{,}3 \cdot \sigma_{раст} - \sigma_{вн} - \sigma_{ж}) \cdot 10^3}{E \cdot \alpha} + t_o, \ ^oC; \qquad [12]$$

где:

φ_1 — коэффициент прочности поперечного сварного шва;

$\sigma_{расч}$ — расчетное осевое напряжение в трубе, Н/мм^2. Определяется по [л.1];

$\sigma_{вн}$ — осевое напряжение от внутреннего давления, Н/мм^2:

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

$\sigma_{раст}$ — растягивающее окружное напряжение от внутреннего давления Н/мм^2:

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

Пример:

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

1. Растягивающее окружное напряжение от внутреннего давления:

$$\sigma_{раст} = \frac{P_{вн} \cdot (D_н - 2 \cdot s)}{2 \cdot s} = \frac{1{,}6\ (159 - 2.4{,}5)}{2 \cdot 4{,}5} = 26{,}7 \text{ Н/мм}^2$$

2.Осевое напряжение от внутреннего давления:

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

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

$$t_{упора} = \frac{\varphi_1 (\sigma_{расч} - 0{,}3 \cdot \sigma_{раст} - \sigma_{вн} - \sigma_{ж}) \cdot 10^3}{E \cdot \alpha} + t_o =$$

$$= \frac{0{,}9 \cdot (110 - 0{,}3 \cdot 26{,}7 - 12{,}9 - 0{,}39) 10^3}{0{,}012 \cdot 2 \cdot 10^5} + (-30) = 3{,}3^{o}\,C$$

Расчет максимально допустимого расстояния между ССК

3.4.23. Между двумя неподвижными опорами теплопровода необходимо установить стартовый сильфонный компенсатор (или, так называемый, Е-компенсатор), после чего теплопровод 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 теплопровода. И так на всем теплопроводе 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 **ССК** составляет:

$$L_{ст.к} = \frac{200 \cdot F_{ст}}{f_{тр}} (2\sigma_{доп} - \alpha \cdot E(t_1 - t_э)10^{-3}, м. \qquad [15]$$

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

$$t_{п.н} = t_{пн}^{max} = t_э + \frac{\sigma_{доп}}{\alpha \cdot E} 10^3, \qquad [16]$$

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

$t_э$ – температура, при которой монтируется **ССК**.

При проектировании следует учитывать, что $t_э$ 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 $t_{п.н}$ близко к средней, определенной по формуле:

$$t_{п.н} = \frac{t_э + t_1}{2} \qquad [18]$$

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

$$\Delta L = L_{ст.к}\left(\alpha \Delta t_{п.н} - \frac{0{,}25\, f_{тр} L_{ст.к}}{E F} \right) \qquad [19],$$

где $\Delta t_{п.н} = t_{п.н} - t_э$

При этом уровень напряжений в защемленной зоне будет приблизительно равен:

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

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

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

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

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 см^2, материал – сталь марки Ст20, давление в рабочем состоянии 1,6 МПа, наибольшая температура теплоносителя130 ^{0}С, при монтаже компенсаторов - 10^{0}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]

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

Удельная сила трения по формуле [7]составляет:

$f_{тр}$ = 0,4[(1-0.5·0,5) 1,2·15·10^3·1,13·14·560·10^{-3}+ 512]=11294 Н/м,

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

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

Температура предварительного нагрева – по формуле [16]

$$t_{п.н} = t_{пн}^{max} = 10 + \frac{176{,}5}{0{,}012 \cdot 2 \cdot 10^5} 10^3 = 83{,}5\ ^0C$$

по формуле [17]

$$t_{п.н} = t_{пн}^{min} = 130 - \frac{176{,}5}{0{,}012 \cdot 2 \cdot 10^5} 10^3 = 56{,}5\ ^0C$$

Примем среднее значение $t_{п.н}=70^0C$, тогда осевые напряжения в рабочем состоянии составят:

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

Определяем ΔL по формуле [19]

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

Где $\Delta t_{п.н}$= 70 -10=60 ^{0}C.

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

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

$$\Delta L = (t_{пн} - t_{монт})\, L_{ст.к}\, \alpha$$

Проверка живучести системы.

3.4.24. При первом способе применения **осевых СК и СКУ** *при надземной прокладке* следует произвести проверку **живучести** системы в экстремальных условиях, при которых:

— вода (теплоноситель) из теплопроводов выпущена;

— температура стенки теплопровода равна минимальной температуре наружного воздуха — $\mathbf{t_{мин}}$;

— сильфоны растянуты до упора в ограничители.

Результаты проверки должны быть отмечены в проекте.

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

$$\sigma_{жив} = \frac{\sigma_{ос} + \sigma_{ж} + \mathbf{0{,}8}\sqrt{\sigma^2_{из} + \sigma^2_{ветер}}}{} \le \sigma_{расч},\ \mathbf{Н/мм^2};\quad \mathbf{[20]}$$

φ_1

где:

$\sigma_{ос}$ — дополнительное напряжение, возникающее в трубе при остывании от (t_o) до ($t_{мин}$):

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

$\sigma_ж$ — напряжение в трубе от силы жесткости сильфона компенсатора, Н/мм²:

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

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

$$\sigma_{из} = \frac{\dot{g}_{трубы} \cdot L^2_{подв}}{12 \cdot W}, \quad Н/мм^2; \qquad [23]$$

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

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

В формулах:

Ψ — скоростной напор ветра, Н/м² (по СНиП 23-01-99 "Строительная климатология»];

α —коэффициент линейного расширения стали, 0,012 мм/м°С;

E — модуль упругости материала трубы, 2.10^5 Н/мм²;

t_o — расчетная температура наружного воздуха для отопления, обеспеченностью $t_{o(0,92)}$, °С.

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

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

$D_{об}$ — наружный диаметр оболочки, мм;

$\dot{g}_{трубы}$ — вес 1 м теплопровода без воды, Н/м;

$S_{эф}$ — эффективная площадь поперечного сечения сильфонного компенсатора, см². Принимается по приложениям 6 и 7.

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

теплопровода на трассе (для прямых участков принимается равным 12);

W — момент сопротивления поперечного сечения стенки трубы, см^3;

$L_{подв}$ — расстояние между подвижными опорами, м.

φ_1 — коэффициент прочности поперечного сварного шва.

3.4.25. 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 СК или СКУ с большей компенсирующей способностью, изменить коэффициент обеспеченности ($t_{o(0,92)}$), уменьшить расстояния между подвижными опорами и т.д.).

Пример:

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

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

$$\sigma_{oc}=\alpha.E.(t_o- t_{мин}).10^{-3}=0{,}012.2.10^5.(-30+50).10^{-3}= 48{,}0 \quad Н/мм^2;$$

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

$$\sigma_ж = \frac{C_\lambda \cdot \lambda_{-1}}{S_{эф}} \cdot 10^{-3} = \frac{2180.50}{279}. 10^{-3} = 0{,}39 \quad Н/мм^2;$$

3.Изгибающее напряжение от собственного веса теплопровода:

$$\sigma_{из}=\frac{\dot{g}_{трубы} \cdot L^2_{подв}}{12 \cdot W} = \frac{341 \cdot 9^2}{12.0{,}1(15{,}9^4 - 15^4):15{,}9}=27{,}54 \text{ Н/мм}^2$$

4. Изгибающее напряжение от ветровой нагрузки:

$$\sigma_{ветер}=1{,}4\frac{\Psi. D_{об}. L^2_{подв}}{12 \cdot W}10^{-3}=1{,}4\frac{1000 \cdot 429 \cdot 9^2 .10^{-3}}{12.0{,}1(15{,}9^4 - 15^4):15{,}9}= 48{,}6 \text{ Н/мм}^2$$

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

$$\sigma_{жив} = \frac{\sigma_{ос} + \sigma_{ж} + 0{,}8\sqrt{\sigma^2_{из} + \sigma^2_{ветер}}}{\varphi_1} =$$

$$= \frac{48 + 0{,}39 + 0{,}8\sqrt{27{,}54^2 + 48{,}6^2}}{0{,}9} = 103{,}4 \text{ Н/мм}^2;$$

$\sigma_{жив} < \sigma_{расч}$,

Проверка устойчивости системы.

3.4.26. **Критическое усилие** от наиболее невыгодного сочетания воздействий и нагрузок, при котором теплопровод теряет устойчивость, подсчитывается по формуле:

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

где:

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

E — модуль упругости материала трубы, Н/мм^2 ;

J — момент инерции трубы, см^4 ;

i — начальный изгиб трубы, м:

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

$L_{изг}$ — длина местного изгиба теплопровода:

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

где:

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

Вертикальная нагрузка оказывает стабилизирующее влияние и определяется по формуле:

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

где:

$q_{грунта}$ — вес грунта над теплопроводом, Н/м,

$q_{трубы}$ — вес 1 м теплопровода 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 теплопровода:

$$S_{сдвига} = 0{,}5.\gamma \cdot Z^2 \cdot K_o \cdot tg\varphi, \quad \text{Н/м;} \quad [39]$$

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

В формулах:

γ — удельный вес грунта, Н/м^3;

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

$\mathbf{K_o}$ — коэффициент давления грунта в состоянии покоя.

$K_o = 0,5$;

φ — угол внутреннего трения грунта (естественного откоса);

$\mathbf{D_{об}}$ — наружный диаметр оболочки , м.

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

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

где:

$\mathbf{F_{ст}}$ — площадь кольцевого сечения трубы, мм^2;

α — коэффициент линейного расширения стали, мм/м^{o}С;

E — модуль упругости материала трубы, Н/мм^2;

Δt — принимать равным $(t_1 - t_{монт})$,^{o}С;

$\sigma_{раст}$ — растягивающее окружное напряжение от внутреннего давления (формула [**19**]), Н/мм^2;

$\mathbf{P_{внутр}}$ — внутреннее давление, Н/мм^2;

$\mathbf{F_{пл}}$ — площадь действия внутреннего давления ($\mathbf{0,785D^2_{вн}}$, мм^2.

Пример:

Провести проверку теплопровода D_y150, проложенного бесканально, на устойчивость при наиболее неблагоприятном сочетании нагрузок и воздействий. Для случая, когда уровень стояния грунтовых вод **ниже** глубины заложения теплопровода.

1. Осевое сжимающее усилие в защемленной трубе:

$$\mathbf{N = -[F_{ст}\,.\,(E\,.\,\alpha\,.\,\Delta t - 0,3\,.\,\sigma_{раст}) + P_{внутр}\,.\,F_{пл}]} =$$

$$= -[2183(2.10^5.0,012.140.10^{-3} - 0,3.26,7)+1,6.17662,5]=-744283\ \text{Н};$$

2. Длина местного изгиба теплопровода:

$$\mathbf{L_{изг} = 0,314}\sqrt{\frac{\mathbf{E\,.\,J}}{|\mathbf{N}|}} = 0.314\sqrt{\frac{2.10^5\,.\,664,4}{744283}} = 4,2\ \text{м};$$

3. Начальный изгиб трубы:

$$\mathbf{i} = \frac{\mathbf{L_{изг}}}{200} = \frac{4,2}{200} = 0,021\ \text{м},$$

4.Критическое усилие, при котором защемленный теплопровод при бесканальной прокладке теряет устойчивость, подсчитывается по формуле:

$$\mathfrak{R}_{кр} = \frac{\mathbf{1,1.N^2}}{\mathbf{E\,.\,J}}\ \mathbf{i.10^2} = \frac{1,1.744283^2}{2.10^5\,.\,664,4} = 0,021.10^2 = 9630\ \text{Н/м};$$

5.Вес грунта над теплопроводом:

$$\mathbf{q_{грунта}} = \gamma\,.\,[\mathbf{Z\,.\,D_{об}} - \mathbf{0,125\,.\,D^2_{об}}\,.\,\pi] =$$

$$= 18000[1\,.\,0,250 - 0,125.0,250^2.3,14] = 4058\ \text{Н/м};$$

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

$$S_{сдвига} = 0,5.\gamma.Z^2.K_o.tg\varphi = 0,5.18000.1^2.0,5.0,7 = 3150 \text{ Н/м}.$$

7. Стабилизирующая вертикальная нагрузка:

$$\Re_{ст} = q_{грунта} + q_{трубы} + 2 . S_{сдвига} =$$
$$= 4058 + 503 + 2 .3150 = 10861 \text{ Н/м}$$
$$\Re_{ст} > \Re_{кр};$$

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

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

$$\Re_{бал} = K_{вспл}.\gamma_{пульпы}.\omega_{вспл} + \dot{g}_{трубы} + q_{н.п.}, \quad \text{Н/м;} \qquad [32]$$

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.

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

$\omega_{вспл}$ — объем пульпы, вытесненной теплопроводом, м³ /м;

$\dot{g}_{трубы}$ — вес 1 м теплопровода без воды, Н/м;

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

3.5. Расчет нагрузок на опоры.

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

— распорного усилия сильфонных компенсаторов, ($P_р$),

— жесткости сильфонных компенсаторов, ($P_ж$),

— усилия от трения в подвижных опорах на участках канальных и надземных прокладок, или трения теплопровода о грунт на участках бесканальной прокладки, ($P_{тр}$),

— усилия от напряжения, возникающего в прямолинейном участке теплопровода при критических отказах, связанных с нерасчетным похолоданием, ($P_{жив}$).

Кроме того, следует учитывать в конкретных расчетных схемах теплопроводов:

— неуравновешенные силы внутреннего давления ($P_н$),

— упругую деформацию гибких компенсаторов или самокомпенсации ($P_х$, $P_у$).

— ветровую нагрузку *при надземной прокладке* ($P_{ветер}$).

— сила ($P_{ос}$) от напряжения, возникающего в прямолинейном участке теплопровода при третьем способе применения осевых СК и СКУ в диапазоне температур от ($t_э$) до ($t_о$).

3.5.2. В общем случае нагрузка на неподвижные опоры должна приниматься по наибольшей горизонтальной осевой и боковой нагрузке *от сочетания сил, перечисленных в пункте 3.4.1*, при любом рабочем режиме теплопровода, при гидравлических испытаниях и при проверке на живучесть.

3.5.3. Распорное усилие от внутреннего давления ($P_р$) определяется по формуле:

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

3.5.4. Усилие, возникающее вследствие жесткости осевого хода сильфонного компенсатора ($P_ж$) определяется:

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

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

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

3.5.6. Сила [$P_{ос}$] от напряжения, возникающего в защемленном прямолинейном участке опорожненного теплопровода *при надземной прокладке* при критических отказах, связанных с нерасчетным похолоданием:

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

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

— на концевую опору, как сумма сил:

$$\Sigma P = P_р + P_ж + P_{тр}, \quad Н; \quad [37]$$

При установке ССК (до его заварки):

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

— на промежуточную опору, как разность сумм сил, действующих с каждой стороны опоры. При этом, нагрузки на промежуточную неподвижную опору от участков теплопроводов (с диаметрами $D_{у1}$ и $D_{у2}$), расположенных по обе стороны опоры, определяются по формулам:

а) при $D_{у1} > D_{у2}$:

— от распорных усилий компенсаторов:

$$P_р = P_{р1} - P_{р2}, \quad Н; \quad [39]$$

при установке ССК (до его заварки):

$$\Sigma P = (P_р + P_с)_1 - (P_р + P_с)_2 \quad [40]$$

— от жесткости компенсаторов:

$$P_{ж} = 1{,}3 \cdot P_{ж1} - 0{,}7 \cdot P_{ж2}, \quad \text{Н;} \quad [41]$$

— от сил трения при $L_1 = L_2$:

$$P_{тр} = P_{тр1} - 0{,}7P_{тр2}, \quad \text{Н;} \quad [42]$$

б) при $D_{y1} = D_{y2}$:

— от жесткости компенсаторов:

$$P_{ж} = 0{,}6 \cdot P_{ж1}, \quad \text{Н;} \quad [43]$$

— от сил трения при $L_1 = L_2$:

$$P_{тр} = 0{,}3 \cdot P_{тр1}, \quad \text{Н.} \quad [44]$$

3.5.8. При проверке на *живучесть надземно проложенных* теплопроводов с осевыми СК и СКУ, 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:

$$\Sigma P_{жив} = P_{ж} + P_{сж}, \quad \text{Н;} \quad [45]$$

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

а) при $D_{y1} > D_{y2}$:

$$P_{жив} = 0{,}6P_{ж1} + P_{сж1} - P_{сж2}, \quad \text{Н;} \quad [46]$$

б) при $D_{y1} = D_{y2}$:

$$P_{жив} = 0{,}6P_{ж1}, \quad \text{Н;} \quad [47]$$

3.5.9. Формулы составлены из условия установки на смежных участках теплопроводов осевых СК, СКУ и ССК с жесткостью сильфонов, отличающихся не более ±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.

3.5.10. 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 [P_x и P_y], которые определяются расчетом труб на самокомпенсацию.

3.5.11. 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.

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

3.5.13. Расчетные формулы для определения суммарных горизонтальных нормативных нагрузок на неподвижные опоры для наиболее характерных схем установки СК и СКУ даны в Приложении 3

3.6. Установка СК, СКУ и ССК на монтаже

3.6.1. На рабочих чертежах теплопроводов тепловых сетей следует приводить таблицу монтажных длин осевых СК, СКУ и ССК в зависимости от температуры наружного воздуха, при которой ведется монтаж

3.6.2. Монтажная длина компенсатора определяется:

Для 1 способа применения осевых СК и СКУ:

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

Для П способа применения осевых СК и СКУ:

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

Для Ш способа применения осевых СК и СКУ:

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

где:

$L_{ску}$ — паспортная длина СК или СКУ, мм;

t_1 — максимальная рабочая температура теплоносителя, °С;

$t_{мин}$ — 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, $t_{мин\,(0,98)}$) , °С;

$t_э$ — 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, °С;

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", °С;

L — длина компенсируемого участка, м;

α — коэффициент линейного расширения стали, мм/мм°С;

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

Для IV способа прокладки (с использованием ССК):

ССК поставляются в растянутом состоянии.

3.7. Прокладка теплопроводов с осевыми СК, СКУ и ССК

3.7.1. При использовании **СК и СКУ** в зонах вечномерзлых грунтов дополнительно следует соблюдать требования СНиП 2.02.04-88 «Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах», СНиП 2.02.01-83 «Основания зданий и сооружений», СНиП 3.02.01-87 «Земляные сооружения, основания и фундаменты».

3.7.2. При подземной прокладке теплопроводов в каналах или туннелях, а также при надземной прокладке и в помещениях осевые СКУ могут устанавливаться в любом мессе теплопровода, если нет препятствий для возможности свободных перемещений наружного защитного кожуха вместе с частью теплопроводов.

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

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

3.7.4. *При бесканальной прокладке теплопроводов* с осевыми СК, СКУ и ССК 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 теплопровода не допускается установка СК и СКУ в зоне проезжей части автомагистралей I категории.

3.7.5. 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*.

3.7.6 . Камеры по трассе теплопровода для осевых СК и СКУ могут сооружаться по требованию заказчика или эксплуатирующей организации.

3.7.7. Расстояние в свету от ограждающих конструкций камер, тоннелей и каналов до теплоизоляции осевого СК или СКУ, а также между соседними компенсаторами должно быть не менее:

для диаметров теплопроводов до 500 мм - 100 мм,

для диаметров теплопроводов более 600 мм - 150 мм.

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

3.7.8. В камерах должны предусматриваться проходы размером не менее:

для теплопроводов диаметром до 500 мм - 600 мм,

для теплопроводов диаметром более 600 мм - 700 мм.

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

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

4. ОСОБЕННОСТИ ВЕДЕНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ с осевыми СК, СКУ и ССК.

4.1. Общая часть

4.1.1. При строительстве новых, расширении, реконструкции, техперевооружении и ремонте действующих тепловых сетей с осевыми СК, СКУ и ССК 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».

4.1.2. Строительство тепловых сетей включает следующие основные процессы:

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

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

4.2. Ведение земляных работ.

4.2.1. 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».

4.2.2. *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 ($К_{упл}$ не менее 0,98) на глубину не более 0,5 м;

— осуществлено устройство:

а) приямков (не менее 0,6 м в каждую сторону от теплопроводов) для установки **осевых СК, СКУ и ССК** 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 теплопроводов;

— 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.

4.2.2.1. 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 СК, СКУ и ССК** в зоне наибольшего движения теплопроводов при температурных деформациях, необходимо вести послойное уплотнение ($К_{упл}$ ≥0,97-0,98) как пространства между теплопроводами, так и между теплопроводами и стенками траншеи. Над верхом полиэтиленовой оболочки изоляции труб и **осевых СК, СКУ и ССК** 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 теплопроводом и **осевых СК, СКУ и ССК** 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 СК, СКУ и ССК**, следует осуществлять вертикальное крепление траншеи и приямков;

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

4.3. Транспортировка и хранение осевых СК, СКУ и ССК

4.3.1. Транспортировка и хранение осевых **СК, СКУ и ССК** к месту монтажа, а также перемещение их во время монтажа должны исключать вероятность повреждения сильфона и загрязнения внутренней полости компенсатора.

Условия хранения и транспортирования **осевых СК, СКУ и ССК** должны соответствовать группе 5 (ОЖ4), тип атмосферы 1У ГОСТ 15150-69, взаимодействие механических факторов по группе (Ж) ГОСТ 23170.

4.3.2. Осевые СК и СКУ с заводской теплоизоляцией должны транспортироваться и храниться в соответствии с требованиями технических условий ОАО "НПП "Компенсатор".

4.3.3. **Осевые СК, СКУ и ССК** с ППУ-изоляцией, *АПБ-изоляцией* и *ППМ-изоляцией* при хранении должны быть защищены от прямых солнечных лучей (навес, прикрытия из рулонных материалов и т.п.). Хранение **осевых СК, СКУ и ССК** на открытых площадках не допускается.

4.3.4. При перемещениях **осевых СК, СКУ и ССК** должны использоваться специальные строповочные приспособления: мягкие полотенца, гибкие стропы. Перевозка и разгрузка допускается при температуре наружного воздуха до минус 20°С.

4.4. Монтаж теплопроводов с осевыми СК и СКУ

4.4.1. При подземной прокладке в непроходных каналах и туннелях, надземной прокладке, а также в помещениях, монтаж, укладку и сварку теплопроводов с **осевыми СК, СКУ и ССК** следует руководствоваться СНиП 3.05.03—85 "Тепловые сети" с учетом требований технических условий ОАО "Компенсатор".

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

4.4.3. Врезку **осевых СК, СКУ и ССК** в теплопроводы следует производить в местах, предусмотренных проектной техдокументацией.

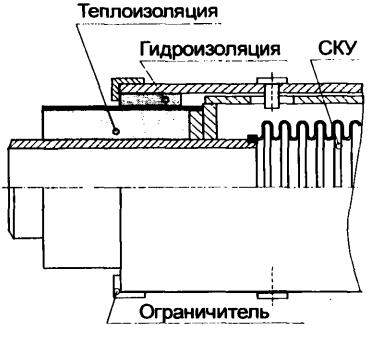
4.4.4. Не допускается нагружать **осевые СК, СКУ и ССК** весом присоединяемых участков труб, машин и механизмов.

4.4.5. Монтаж теплопроводов с **осевыми СК, СКУ и ССК** должен производиться при положительной температуре наружного воздуха. При температурах наружного воздуха ниже минус

15^{0}С перемещения теплопроводов и **осевых СК, СКУ и ССК** на открытом воздухе не рекомендуются.

Монтажные и сварочные работы при температурах наружного воздуха ниже минус 10^{0}С должны производиться в специальных кабинах, в которых температура воздуха в зоне сварки должна поддерживаться не ниже указанной.

4.4.6. Перед монтажом на концы патрубков СКУ, предназначенных для подземных теплопроводов (при установке в каналах, тоннелях, а также бесканальной прокладке) с ППУ-, АПБ- и ППМ-изоляцией 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 СКУ наносить одновременно с нанесением теплоизоляции на стык СКУ с теплопроводом. Тепло-гидроизоляция не должна препятствовать свободному перемещению подвижной части СКУ относительно наружного защитного кожуха. Один из простейших способов тепло-гидроизоляции СКУ показан на рисунке. Для всех способов прокладки теплопровода, кроме бесканальной, кожух можно теплоизолировать матами из минеральной ваты.



4.4.7. Монтаж **осевых СК и СКУ** осуществляется следующим образом:

после проведения предварительных испытаний теплопроводов на прочность и герметичность из смонтированного теплопровода на месте, указанном в проекте, вырезается участок («катушка»). Монтажная длина вырезаемого участка («катушки») должна вычисляться в зависимости от способа применения СК или СКУ 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 СК и СКУ**. Приварка его производится с одной стороны;

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

При выполнении сварочных работ **осевые СК и СКУ** должны быть защищены от попадания брызг расплавленного металла.

4.4.8. После проведения контрольного осмотра и гидравлического испытания патрубки **осевых СК и СКУ** покрываются тепловой и гидроизоляцией в соответствии с рекомендациями ОАО «НПП «Компенсатор».

4.4.9. Система теплопроводов с **ССК** полностью монтируется в траншее и засыпается (за исключением собственно **ССК**).

4.4.9.1.

Расчет и выбор настройки **ССК**, если компенсатор располагается посередине участка теплопровода, производится следующим образом:

Определяется размах колебаний напряжения при нагреве теплопровода от температуры монтажа до расчетной температуры теплоносителя:

$$\Delta\sigma = \alpha \cdot E \cdot (t_1 - t_{мон}) \cdot 10^{-3} \qquad [51]$$

$\Delta\sigma$ - размах колебаний напряжения

t_1 - температура теплоносителя

$t_{мон}$- температура монтажа

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

$$\sigma 1 = 2\sigma_{доп} - \Delta\sigma \qquad [52]$$

$$\sigma 2 = \Delta\sigma - \sigma_{доп} \qquad [53]$$

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

$$l_{доп} = \frac{\sigma 1 \cdot F_{ст}}{f_{тр}} \qquad [54]$$

$F_{ст}$ - площадь попересного сечения стенки трубы, мм

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

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

$$\sigma 2 = \Delta\sigma - \sigma_{доп} = \alpha \cdot E \cdot (t_1 - t_{мон}) \cdot 10^{-3} - \sigma_{доп} \qquad [55]$$

$$t_н = t_{мон} + \frac{\sigma_{доп}}{\alpha \cdot E} \qquad [56]$$

$t_н$- температура нагрева

ССК настраивают а возможность восприятия следующей величины удлинения:

$$\Delta l_{доп} = \alpha \cdot (t_1 - t_{мон}) \cdot l_{доп} - \frac{f_{тр}\, l_{доп}^2}{2 \cdot E \cdot F_{ст}} \qquad [57]$$

Если участки с двух сторон компенсатора одинаковы, то

$$\Delta L_{доп}=2 \cdot \Delta l_{доп} \qquad [58]$$

4.4.9.2.Монтаж **ССК** состоит из следующих этапов:

- в месте установки **ССК** на трубопроводе вырезается участок длиной L;
- на место вырезанного участка трубы устанавливается **ССК**. Производится центровка его по отношению к торцам основной трубы;
- после установки ССК кожухи ССК соединить между собой сваркой прихватками через 50 - 120 мм, выдерживая размер **L** в состоянии поставки;
- патрубки ССК 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 1,25Ру;
- удалить прихватки с кожухов;
- трубопровод заполнить теплоносителем и нагреть до температуры, равной 50% от максимальной рабочей температуры; при этом ССК должен сжаться на величину рабочего хода;
- после выдержки при указанной выше температуре кожухи ССК заварить между собой катетом шва не менее указанного в таблице с последующим контролем согласно требованиям ПБ-573-03. Тем самым, сильфон исключается из дальнейшей работы теплопровода.
- пропустить над кожухами ССК 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.

4.4.10. Обратная засыпка при бесканальной прокладке выполняется в соответствии с рекомендациями пункта 4.2.2.

4.5. Изоляция стыков осевых СК и СКУ с теплопроводами.

4.5.1. До устройства теплогидроизоляции при отсутствии на концах свариваемых с **осевыми СК и СКУ** труб заводского

антикоррозионного покрытия необходимо выполнить следующие работы:

— очистить поверхность стыкового соединения (неизолированные концы труб) от грязи, ржавчины, окалины;

— просушить газовой горелкой;

— нанести на стык антикоррозионную мастику, например, МБР-ОС-Х-150 (-200, -250) в три слоя.

4.5.2. Работы по теплогидроизоляции стыков необходимо производить по технологическим инструкциям заводов-производителей теплопроводов в зависимости от конструкции теплоизоляционного покрытия (см. пункт 3.1.2) и вида прокладки (*бесканальная, канальная, надземная, в туннелях, в помещениях*).

4.5.3. *При бесканальной прокладке теплопроводов в ППУ-изоляции* перед вваркой на место "катушек" **осевых СК и СКУ** на полиэтиленовую оболочку теплопроводов должны быть надеты термоусаживающиеся муфты (манжеты) заводской готовности, выполненные из радиационно-модифицированного полиэтилена.

4.5.3.1. 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.

4.5.3.2. 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°С;
- прогреть поверхность, на которую будет укладываться термоусадочная лента до 30-40°С. 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.

4.5.3.3. Соединения полиэтиленовой оболочки должны производиться в соответствии с инструкциями производителя теплопроводов.

4.5.3.4. 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.

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

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

4.5.4. Изоляцию стыков *при бесканальной прокладке теплопроводов 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.

4.5.4.1. 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 теплопроводов;
— 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.

4.5.4.1. Изоляция стыков ССК описана в п. 4.4.10.

4.6. Монтаж сигнальной системы

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

4.6.2. В теплоизоляцию **осевых СК, СКУ и ССК** в заводских условиях или на монтажной площадке 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 теплопроводов.

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

5. ИСПЫТАНИЯ осевых СК и СКУ и ТЕПЛОПРОВОДОВ.

5.1. Общие положения.

5.1.1. При проведении испытаний тепловых сетей с **осевыми СК, СКУ и ССК** следует соблюдать строительные нормы и правила Российской Федерации СНиП 41-02-2003, "Правила устройства и безопасной эксплуатации трубопрово-дов пара и горячей воды" (ПБ-03-75-94), "Правила техники безо-пасности при эксплуатации тепломеханического оборудования электрических станций и тепловых сетей" (РД 34.03.201-97).

5.1.2. Испытания **осевых СК, СКУ и ССК** проводятся предприятием ОАО "НПП "Компенсатор" в заводских условиях на базовых сильфонных компенсаторах по техническим условиям **ИЯНШ. 300260.029 ТУ** в следующем объеме:

приемо-сдаточные,

квалификационные,
периодические,
типовые.

5.1.2.1. Приемо-сдаточные испытания осуществляется техническим контролем предприятия ОАО "НПП "Компенсатор" в порядке, действующем в отрасли. Приемо-сдаточным испытаниям подвергаются 100% осевых **СК, СКУ и ССК** в каждой партии. Проверяется соответствие требованиям:

ОСТ5Р.9709: качества поверхности сильфонов, герметичности, прочности и результатов контрольного прогрева в печи,

ОСТ5Р.0170: герметичности,

ИЯНШ.300260.029 ТУ: размеров, массы, величины жесткости, вероятности безотказной работы.

5.1.2.2. Квалификационные испытания проводятся предприятием ОАО "НПП "Компенсатор" на двух образцах от партии серийных сильфонных компенсаторов, впервые осваиваемых производством по программе, согласованной с основным потребителем. Испытания проводятся по соответствию ТУ показателей жесткости, вероятности безотказной работы и массы **осевых СК, СКУ и ССК.**

5.1.2.3. Периодические испытаниям подвергаются **осевые СК, СКУ и ССК** один раз в 5 лет или в случае возобновления их выпуска после трехлетнего перерыва по программе, согласованной с основным потребителем. Испытания проводятся по соответствию ТУ показателей жесткости, вероятности безотказной работы и массы **осевых СК, СКУ и ССК.**

5.1.2.4. Типовым испытаниям подвергаются **осевые СК, СКУ и ССК** в случае изменения конструкции или технологии изготовления, или применяемых материалов, влекущих за собой изменения основных параметров, по программе, согласованной с основным потребителем. Испытания проводятся по соответствию ТУ показателей жесткости, вероятности безотказной работы, массы, а также других параметров и характеристик **осевых СК, СКУ и ССК**, на которые могли повлиять вносимые изменения.

5.1.3. Должны быть проведены следующие испытания теплопроводов с **осевыми СК, СКУ и ССК**:

— проверка чистоты трубопроводной системы и **осевых СК, СКУ и ССК:**

— 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 СК, СКУ и ССК**:

— испытания сигнальной системы.

5.2. Проверка чистоты трубопроводной системы.

5.2.1. До, во время и по окончании монтажа следует удостовериться, что внутренняя поверхность труб и **осевых СК, СКУ и ССК** сухая, чистая и свободна от инородных тел.

5.2.2. После окончания монтажа труб и **осевых СК, СКУ и ССК** следует провести промывку системы водой в соответствии с требованиями СНиП 3.05.03-85 "Тепловые сети".

5.2.3. Если теплопроводы немедленно не вводятся в эксплуатацию, то систему в целом рекомендуется законсервировать.

5.3. Проверка качества сварных соединенй полиэтиленовой оболочки

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

5.3.2. При проведении сварки присоединительных патрубков **осевых СК, СКУ и ССК** с теплопроводами в ППУ-изоляции следует:

— исключить вероятность нагрева пенополиуретановой теплоизоляции до температуры свыше 175^0 С во избежание образования на рабочем месте токсичных выбросов;

— очистить перед сваркой поверхности неизолированных концов теплопроводов от остатков пенополиуретана;

—удалить с грунта на рабочем месте сварщика остатки пенополиуретана.

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

5.4. Гидравлические испытания.

5.4.1. Гидравлические (пневматические) испытания на прочность и плотность стальных труб и **осевых СК, СКУ и ССК** производятся в соответствии с СНиП 41-02-2003 "Тепловые сети".

5.4.2. Теплопроводы с **осевыми СК, СКУ и ССК** должны подвергаться предварительному и окончательному испытанию на прочность и герметичность.

Предварительные испытания следует выполнять, как правило, гидравлическим способом. Для гидравлического испытания

применяется вода с температурой не выше +40°С и не ниже +5°С. 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.

5.5. Испытания сигнальной системы.

5.5.1. После присоединения проводников-индикаторов осевых СК, СКУ и ССК 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.

6. ПРАВИЛА ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ при установке осевых СК, СКУ и ССК

6.1. Приемка в эксплуатацию законченных строительством тепловых сетей с осевыми **СК, СКУ и ССК** должна производиться в соответствии с указаниями СНиП Ш-3-81 «Приемка в эксплуатацию законченных строительством объектов», СНиП 41-02-2003 "Тепловые сети" и техническими условиями ИЯНШ 300360.029ТУ, ИЯНШ 300260.033, ИЯНШ 300260.043 и ИЯНШ.300260.035ТУ ОАО «НПП «Компенсатор».

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

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

- — акт на качество заполнения стыков труб с осевыми СК, СКУ и ССК теплоизоляционным 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 неисправностей,

— акт приемки **осевых** СК, СКУ и ССК предприятием-изготовителем – ОАО «Компенсатор» с приложением результатов приемо-сдаточных испытаний.

6.4. **Осевые СК, СКУ и ССК** не требуют специального обслуживания в эксплуатации. Сроки контрольных осмотров, текущих ремонтов защитных стальных кожухов (футляров), патрубков, переходов, сигнальной системы, тепловой и гидроизоляции, а также направляющих опор выполняются эксплуатационной организацией одновременно с основным теплопроводом.

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

6.6. Срок службы **осевых СК, СКУ и ССК** определяется содержанием хлоридов в теплоносителе и количеством рабочих циклов (наработкой на отказ) за время эксплуатации.

6.7. Назначенная наработка в течение срока службы при нагружении внутренним давлением и осевым ходом (растяжением, сжатием), приведенных в таб.1 Приложения 3, с амплитудами не менее:

— 50 полных циклов с амплитудами [$\pm\lambda_{-1}$] осевого хода — 100%-ый режим,

— 5000 неполных циклов с амплитудами [$\pm\lambda_{-1}$] 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 ОАО «НПП «КОМПЕНСАТОР» допускается увеличение числа неполных циклов более 5000.

Для СК с повышенным ресурсом по назначенной наработке и компенсирующей способности (типа ОПНР, ОПГР, ОПКР, ОПМР) значения амплитуды симметричного цикла осевого хода, λ_{-1}, назначенная наработка компенсаторов, N, при растяжении, сжатии компенсатора под действием осевого усилия и внутреннего давления приведена в таб.2 Приложения 3.

6.8. При установке **осевых СК и СКУ** 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.

6.9. Пуск, остановка, текущие и контрольные осмотры и испытания теплопроводов с **осевыми СК, СКУ и ССК** должны производиться в соответствии с эксплуатационными инструкциями

и требованиями Правил технической безопасности и Правил технической эксплуатации.

6.10. В процессе эксплуатации *надземно проложенные* теплопроводы с **осевыми СК и СКУ** 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 теплопроводом и конструкциями опор, ограничивающими его боковые перемещения.

Приложение 1

Таблица 1

Трубы для тепловых сетей

Условный проход Ду, мм	ГОСТ, ТУ на трубы, хар-ка	Марка стали	ГОСТ, ТУ на сталь	Предельные параметры t,°C	Р, МПа	Необходимость дополнительных испытаний
1	2	3	4	5	6	7
15 - 400	ГОСТ 10705-80 (группа В) электросварные, прямошовные термически обработан.	Ст3сп5 10 20	ГОСТ 380 ГОСТ 1050 ГОСТ 1050	300	1,6	Испытания на загиб сварного шва
15 - 400	ТУ 14-3-190 бесшовные горячедеформированные	10 20	ГОСТ 1050 ГОСТ 1050	425	6,4	
15 - 400	ТУ 14-3-1128	09Г2С	ГОСТ 1928	425	5	Испытания на

	бесшовные горячедефор-мированные					загиб
15 - 100	ГОСТ 8733 (группа В) бесшовные термически обработан.	10 20	ГОСТ1050 ГОСТ1050	300	1,6	Испытания на загиб, пред.текучест.
15 - 125	ГОСТ 3262-75 прямошовн. водопровод. оцинкован. (для горячего водоснаб-жения)	10 20		60	1	
500 700 800	ГОСТ 20295 электросвар-ные, прямо-шовн.,термо-обработанные тип 3	17ГС 17Г1С 20	ГОСТ 19281 ГОСТ 19281 ГОСТ 1050	350	2,5	Испытания сварного шва: - на загиб, - на ударную вяз-кость

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7
500 700 800 1000 1200	ТУ 14-3-620 электросвар- ные, прямо- шовные	17ГС 17Г1С 17Г1С-У	ТУ 14-1-1921 ТУ 14-1-1921 ТУ 14-1-1950	300	1,6	100% контроль заводских сварных швов, Испытания сварного шва на загиб
1000 1200	ТУ 14-3-1138 электросвар- ные, прямо- шовные	17Г1С-У	ТУ 14-1-1950	425	2,5	
1000	ТУ 14-3-1424 электросвар- ные, прямо- шовные	17Г1С-У	ТУ 14-1-1950	350	2,5	
500 - 1400	ТУ 14-3-808 ТУ 14-3-954 электросвар- ные, спираль- ношовные	20 Вст3сп5 17Г1С 17Г1С-У	ТУ 14-1-2471 ТУ 14-1-4636 ТУ 14-1-4248	350 300 350	2,5 2,5 2,5	

Таблица 2

Основные механические свойства металла труб (минимальные значения), применяемых для тепловых сетей и патрубков сильфонных компенсаторов.

Марка стали	Относительное удлинение %	Ударная вязкость (KCU) кгс.м/см^2			Угол Загиба сварного Шва Трубы	Проверка заводских сварных швов неразруш. методом	Временное сопротивление в МПа	Предел текучести т МПа
		-20	-40	-60				
Углеродистые Вст3сп5 10 20	20	3	3*	-	100°	100%	372	225
Низколегированные 17ГС, 17Г1С, 17Г1СУ	20	-	4	-	80°	100%	500	350
09Г2С	20	-	-	3	80°	100%	500	350

Примечание: * - При применении углеродистых сталей в районах с расчетной температурой наружного воздуха для проектирования отопления от -21°С до -30°С ударная вязкость проверяется при температуре - 40°С.

Таблица 3

Минимальные толщины стенок стальных труб из стали марок ВСт3сп5, Ст10, Ст20 при бесканальной прокладке тепловых сетей

Условный проход, Ду, мм	Наружный диаметр, Дн, мм	Минимальная толщина стенки, S, мм	Расчетные параметры теплоноси-теля	Примечания
1	2	3	4	5
50	57	3,0		При применении
65	76	3,0		других марок сталей,
80	89	3,5		других параметров
100	108	4,0		теплоносителя и
125	133	4,0		способах прокладки
150	159	4,5	P≤1,6 МПа	тепловых сетей
200	219	6,0	t≤150°C	толщину стенки труб
250	273	6,0		следует определять
300	325	7,0		расчетом.
350	377	7,0		
400	426	7,0		
500	530	7,0		
600	630	8,0		
700	720	8,0		
800	820	9,0		
900	920	10,0		
1000	1020	11,0		

Таблица 4

Предельный минусовой допуск по толщине стенки трубы в зависимости от толщины стенки (S) трубы

Толщина стенки трубы S, мм	Предельное минусовое отклонение (допуск), мм
до 2,2	- 0,2
от 2,2 до 2,5	- 0,21
от 2,5 до 3,0	- 0,25
от 3,0 до 3,5	- 0,29
от 3,5 до 3,9	- 0,31
от 3,9 до 5,5	- 0,50
от 5,5 до 7,5	- 0,60
более 7,5	- 0,8

Таблица 5

Предельные отклонения по наружному диаметру труб (Дн). Овальность труб

Дн, мм	Предельные отклонения по наружному диаметру торцов труб	Обоснование
57 - 159	0,8% от Дн	ГОСТ 10704 - 91
219 - 426	0,75% от Дн	ГОСТ 10704 - 91
530 - 880	2 мм	ГОСТ 20295 - 85
920	2 мм	ТУ 14 - 3 - 808 - 78
1000	2 мм	ТУ 14 - 3 - 1138 - 82 ТУ 14 - 3 - 620 - 77

Овальность труб Дн 57 - 426 мм не должна быть более предельных отклонений по наружному диаметру труб.

Для труб Дн 530мм и более овальность не должна превышать 1% от Дн.

Приложение 2

Компенсаторы сильфонные типа ОПН

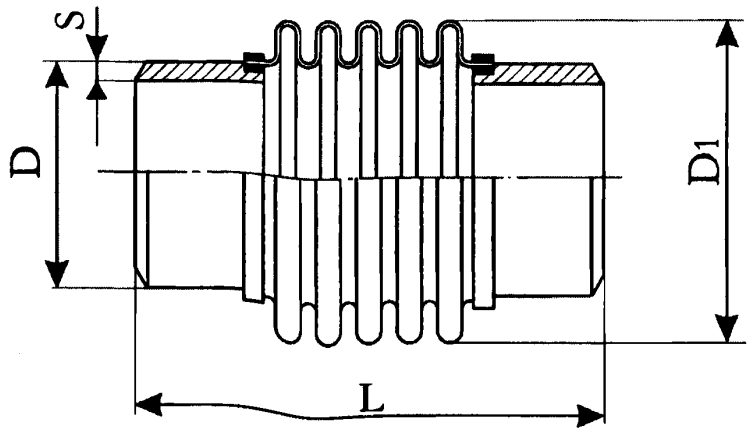


Таблица 1

Условное обозначение	Условное давление, PN МПа (кгс/см²)	Условный диаметр, DN, мм	Размеры, мм				Жесткость осевого хода, C_λ, кН/м (кгс/см)	Масса, кг
			D	s	D_1	L		
ОПН-2,5-250-160	0,25 (2,5)	250	273	7	317	599	17,5 (175)	23
ОПН-2,5-300-180		300	325		371	617	16 (160)	28
ОПН-2,5-350-180		350	377		432	632	16 (160)	29
ОПН-2,5-400-190		400	426		485	648	14,5 (145)	37
ОПН-2,5-500-200		500	530	8	600	661	20,3 (203)	57
ОПН-2,5-600-200		600	630		706	697	18,4 (184)	70
ОПН-2,5-700-210		700	720		797	678	19 (190)	85
ОПН-2,5-800-210		800	820		911	706	17,4 (174)	100
ОПН-2,5-900-210		900	920	10	1015	685	25,7 (257)	127
ОПН-2,5-1000-220		1000	1020		1117	700	23,1 (231)	143
ОПН-2,5-1200-220		1200	1220	12	1319	700	27,7 (277)	220
ОПН-2,5-1400-220		1400	1420	14	1522	700	32,2 (322)	258
ОПН-6,3-350-180	0,63 (6,3)	350	377	7	431	641	24 (240)	29
ОПН-6,3-400-190		400	426		485	684	21,7 (217)	37
ОПН-6,3-500-200		500	530	8	600	697	27 (270)	57
ОПН-6,3-600-200		600	630		706	733	30,6 (306)	70
ОПН-6,3-700-210		700	720		797	710	31,7 (317)	85
ОПН-6,3-800-210		800	820		911	732	29 (290)	100
ОПН-6,3-900-210		900	920	10	1015	713	32,1 (321)	127
ОПН-6,3-1000-220		1000	1020		1117	733	34,7 (347)	143
ОПН-6,3-1200-220		1200	1220	12	1319	714	41,5 (415)	245
ОПН-6,3-1400-220		1400	1420	14	1522	714	48,3 (483)	288

Продолжение таблицы 1

Условное обозначение	Условное давление, PN, МПа (кгс/см²)	Условный диаметр, DN, мм	Размеры, мм				Жесткость осевого хода, C_λ, кН/м (кгс/см)	Масса, кг
			D	s	D_1	L		
ОПН-10-350-180	1,0 (10)	350	377	7	431	640	32 (320)	37
ОПН-10-400-190		400	426		485	668	28,9 (289)	58
ОПН-10-500-200		500	530	8	600	682	33,8 (338)	85
ОПН-10-600-200		600	630		706	695	36,8 (368)	112
ОПН-10-700-210		700	720		797	698	50,8 (508)	140
ОПН-10-800-210		800	820		911	726	46,4 (464)	158
ОПН-10-900-210		900	920	10	1015	704	51,4 (514)	194
ОПН-10-1000-220		1000	1020		1117	726	64,1 (641)	229
ОПН-10-1200-220		1200	1220	12	1319	726	76,7 (767)	323
ОПН-10-1400-220		1400	1420	14	1522	732	89,2 (892)	408
ОПН-16-125-90	1,6 (16)	125	133	4	171	381	24,4 (244)	4,8
ОПН-16-150-100		150	159	4,5	203	387	32,6 (326)	6,0
ОПН-16-200-140		200	219	6	259	433	29,1 (291)	12
ОПН-16-250-160		250	273	7	319	612	35 (350)	26
ОПН-16-300-180		300	325		373	631	32,1 (321)	32
ОПН-16-350-180		350	377		431	640	40 (400)	37
ОПН-16-400-190		400	426		485	668	57,9 (579)	58
ОПН-16-500-200		500	530	8	600	682	60,8 (608)	85
ОПН-16-600-200		600	630		706	695	61,3 (613)	112
ОПН-16-700-210		700	720		797	698	69,8 (698)	140
ОПН-16-800-210		800	820		911	726	63,7 (637)	158
ОПН-16-900-210		900	920	10	1015	704	70,6 (706)	194
ОПН-16-1000-220		1000	1020		1117	726	87,2 (872)	229
ОПН-16-1200-220		1200	1220	12	1319	726	104,4 (1044)	323
ОПН-16-1400-220		1400	1420	14	1522	732	129,5 (1295)	408
ОПН-25-50-70	2,5 (25)	50	57	3,5	105	349	32,2 (322)	2,4
ОПН-25-65-70		65	76					2,1
ОПН-25-80-70		80	89		120	359	29,6 (296)	2,5
ОПН-25-100-80		100	108	4	143	370	25,9 (259)	3,8
ОПН-25-125-90		125	133		172	382	36,6 (366)	5,6
ОПН-25-150-100		150	159	4,5	204	396	32,6 (326)	6,9
ОПН-25-200-140		200	219	6	261	442	38,7 (387)	14
ОПН-25-250-160		250	273	7	319	621	35 (350)	27
ОПН-25-300-180		300	325		374	632	40,1 (401)	35
ОПН-25-350-180		350	377		431	658	56 (560)	44
ОПН-25-400-190		400	426		485	678	72,3 (723)	65
ОПН-25-500-200		500	530	8	600	692	74,3 (743)	95
ОПН-25-600-200		600	630		706	713	73,6 (736)	124
ОПН-25-700-210		700	720		797	714	88,9 (889)	152
ОПН-25-800-210		800	820		911	743	81,1 (811)	184
ОПН-25-900-210		900	920	10	1015	719	102,8 (1028)	230
ОПН-25-1000-220		1000	1020		1117	742	104,5 (1045)	275
ОПН-25-1200-220		1200	1220	14	1319	742	125,1 (1251)	378
ОПН-25-1400-220		1400	1420		1522	750	161,6 (1616)	475

Компенсаторы сильфонные типа ОПГ

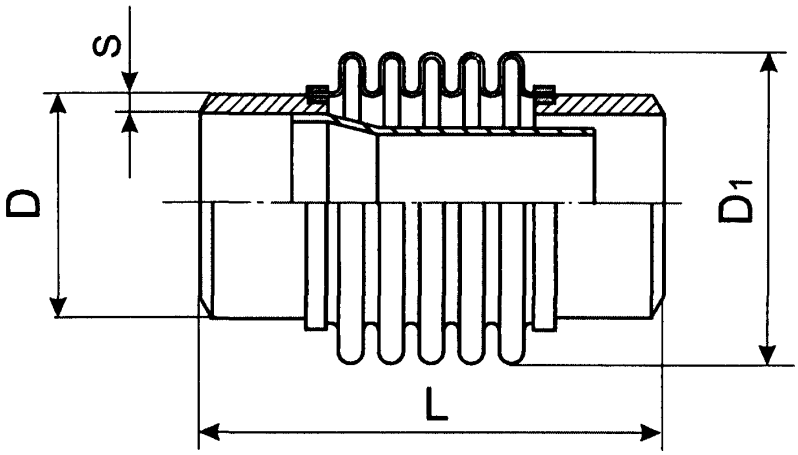


Таблица 2

Условное обозначение	Условное давление, PN, МПа (кгс/см²)	Условный диаметр, DN, мм	Размеры, мм				Жесткость осевого хода, C_λ, кН/м (кгс/см)	Масса, кг
			D	S	D_1	L		
ОПГ-2,5-250-160	0,25 (2,5)	250	273	7	317	599	17,5 (175)	30
ОПГ-2,5-300-180		300	325		371	617	16 (160)	37
ОПГ-2,5-350-180		350	377		432	632	16 (160)	41
ОПГ-2,5-400-190		400	426		485	648	14,5 (145)	50
ОПГ-2,5-500-200		500	530	8	600	661	20,3 (203)	74
ОПГ-2,5-600-200		600	630		706	697	18,4 (184)	99
ОПГ-2,5-700-210		700	720		797	678	19 (190)	118
ОПГ-2,5-800-210		800	820		911	706	17,4 (174)	140
ОПГ-2,5-900-210		900	920	10	1015	685	25,7 (257)	170
ОПГ-2,5-1000-220		1000	1020		1117	700	23,1 (231)	193
ОПГ-2,5-1200-220		1200	1220	12	1319	700	27,7 (277)	283
ОПГ-2,5-1400-220		1400	1420	14	1522	700	32,2 (322)	329
ОПГ-6,3-350-180	0,63 (6,3)	350	377	7	431	641	24 (240)	41
ОПГ-6,3-400-190		400	426		485	684	21,7 (217)	50
ОПГ-6,3-500-200		500	530	8	600	697	27 (270)	74
ОПГ-6,3-600-200		600	630		706	733	30,6 (306)	99
ОПГ-6,3-700-210		700	720		797	710	31,7 (317)	118
ОПГ-6,3-800-210		800	820		911	732	29 (290)	140
ОПГ-6,3-900-210		900	920	10	1015	713	32,1 (321)	170
ОПГ-6,3-1000-220		1000	1020		1117	733	34,7 (347)	193
ОПГ-6,3-1200-220		1200	1220	12	1319	714	41,5 (415)	308
ОПГ-6,3-1400-220		1400	1420	14	1522	714	48,3 (483)	359

Продолжение таблицы 2

Условное обозначение	Условное давление, PN, МПа (кгс/см²)	Условный диаметр, DN, мм	Размеры, мм				Жесткость осевого хода, C_λ, кН/м (кгс/см)	Масса, кг
			D	s	D_1	L		
ОПГ-10-350-180	1,0 (10)	350	377	7	431	640	32 (320)	49
ОПГ-10-400-190		400	426		485	668	28,9 (289)	71
ОПГ-10-500-200		500	530	8	600	682	33,8 (338)	102
ОПГ-10-600-200		600	630		706	695	36,8 (368)	140
ОПГ-10-700-210		700	720		797	698	50,8 (508)	173
ОПГ-10-800-210		800	820		911	726	46,4 (464)	198
ОПГ-10-900-210		900	920	10	1015	704	51,4 (514)	237
ОПГ-10-1000-220		1000	1020		1117	726	64,1 (641)	279
ОПГ-10-1200-220		1200	1220	12	1319	726	76,7 (767)	386
ОПГ-10-1400-220		1400	1420	14	1522	732	89,2 (892)	479
ОПГ-16-125-90	1,6 (16)	125	133	4	171	381	24,4 (244)	6,3
ОПГ-16-150-100		150	159	4,5	203	387	32,6 (326)	7,9
ОПГ-16-200-140		200	219	6	259	433	29,1 (291)	16
ОПГ-16-250-160		250	273	7	319	612	35 (350)	33
ОПГ-16-300-180		300	325		373	631	32,1 (321)	41
ОПГ-16-350-180		350	377		431	640	40 (400)	49
ОПГ-16-400-190		400	426		485	668	57,9 (579)	71
ОПГ-16-500-200		500	530	8	600	682	60,8 (608)	102
ОПГ-16-600-200		600	630		706	695	61,3 (613)	140
ОПГ-16-700-210		700	720		797	698	69,8 (698)	174
ОПГ-16-800-210		800	820		911	726	63,7 (637)	198
ОПГ-16-900-210		900	920	10	1015	704	70,6 (706)	237
ОПГ-16-1000-220		1000	1020		1117	726	87,2 (872)	279
ОПГ-16-1200-220		1200	1220	12	1319	726	104,4 (1044)	386
ОПГ-16-1400-220		1400	1420	14	1522	732	129,5 (1295)	424
ОПГ-25-65-70	2,5 (25)	65	76	3,5	105	349	32,2 (322)	2,8
ОПГ-25-80-70		80	89		120	359	29,6 (296)	3,4
ОПГ-25-100-80		100	108	4	143	370	25,9 (259)	4,9
ОПГ-25-125-90		125	133		172	382	36,6 (366)	7,1
ОПГ-25-150-100		150	159	4,5	204	396	32,6 (326)	8,9
ОПГ-25-200-140		200	219	6	261	442	38,7 (387)	17
ОПГ-25-250-160		250	273	7	319	621	35 (350)	34
ОПГ-25-300-180		300	325		374	632	40,1 (401)	44
ОПГ-25-350-180		350	377		431	658	56 (560)	55
ОПГ-25-400-190		400	426		485	678	72,3 (723)	78
ОПГ-25-500-200		500	530	8	600	692	74,3 (743)	112
ОПГ-25-600-200		600	630		706	713	73,6 (736)	153
ОПГ-25-700-210		700	720		797	714	88,9 (889)	185
ОПГ-25-800-210		800	820		911	743	81,1 (811)	224
ОПГ-25-900-210		900	920	10	1015	719	102,8 (1028)	273
ОПГ-25-1000-220		1000	1020		1117	742	104,5 (1045)	325
ОПГ-25-1200-220		1200	1220	14	1319	742	125,1 (1251)	441
ОПГ-25-1400-220		1400	1420		1522	750	161,6 (1616)	546

Компенсаторы сильфонные типа ОПК

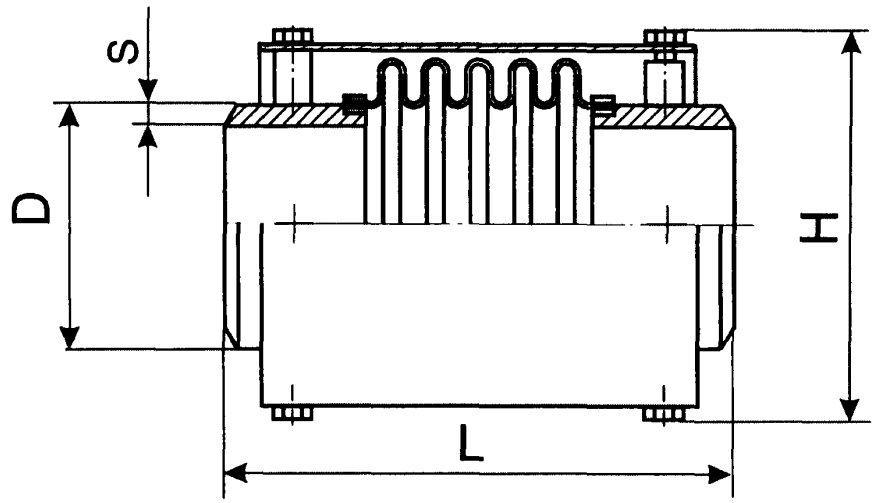


Таблица 3

Условное обозначение	Условное давление, PN МПа (кгс/см²)	Условный диаметр, DN, мм	Размеры, мм				Жесткость осевого хода, C_λ, кН/м (кгс/см)	Масса, кг
			D	s	H	L		
ОПК-2,5-250-160	0,25 (2,5)	250	273	7	429	599	17,5 (175)	30
ОПК-2,5-300-180		300	325		489	617	16 (160)	36
ОПК-2,5-350-180		350	377		528	632	16 (160)	36
ОПК-2,5-400-190		400	426		590	648	14,5 (145)	44
ОПК-2,5-500-200		500	530	8	702	661	20,3 (203)	66
ОПК-2,5-600-200		600	630		810	697	18,4 (184)	81
ОПК-2,5-700-210		700	720		900	678	19 (190)	97
ОПК-2,5-800-210		800	820		1020	706	17,4 (174)	114
ОПК-2,5-900-210		900	920	10	1124	685	25,7 (257)	142
ОПК-2,5-1000-220		1000	1020		1228	700	23,1 (231)	168
ОПК-2,5-1200-220		1200	1220	12	1428	700	27,7 (277)	250
ОПК-2,5-1400-220		1400	1420	14	1636	700	32,2 (322)	291
ОПК-6,3-350-180	0,63 (6,3)	350	377	7	528	641	24 (240)	36
ОПК-6,3-400-190		400	426		590	684	21,7 (217)	44
ОПК-6,3-500-200		500	530	8	702	697	27 (270)	66
ОПК-6,3-600-200		600	630		810	733	30,6 (306)	81
ОПК-6,3-700-210		700	720		900	710	31,7 (317)	97
ОПК-6,3-800-210		800	820		1020	732	29 (290)	114
ОПК-6,3-900-210		900	920	10	1124	713	32,1 (321)	142
ОПК-6,3-1000-220		1000	1020		1228	733	34,7 (347)	168
ОПК-6,3-1200-220		1200	1220	12	1428	714	41,5 (415)	275
ОПК-6,3-1400-220		1400	1420	14	1636	714	48,3 (483)	321

Продолжение таблицы 3

Условное обозначение	Условное давление, PN, МПа (кгс/см²)	Условный диаметр, DN, мм	Размеры, мм				Жесткость осевого хода, C_λ, кН/м (кгс/см)	Масса, кг
			D	s	H	L		
ОПК-10-350-180	1,0 (10)	350	377	7	528	640	32 (320)	44
ОПК-10-400-190		400	426		590	668	28,9 (289)	65
ОПК-10-500-200		500	530	8	702	682	33,8 (338)	94
ОПК-10-600-200		600	630		810	695	36,8 (368)	122
ОПК-10-700-210		700	720		900	698	50,8 (508)	152
ОПК-10-800-210		800	820		1020	726	46,4 (464)	172
ОПК-10-900-210		900	920	10	1124	704	51,4 (514)	210
ОПК-10-1000-220		1000	1020		1228	726	64,1 (641)	254
ОПК-10-1200-220		1200	1220	12	1428	726	76,7 (767)	353
ОПК-10-1400-220		1400	1420	14	1636	732	89,2 (892)	441
ОПК-16-125-90	1,6 (16)	125	133	4	272	381	24,4 (244)	9
ОПК-16-150-100		150	159	4,5	307	387	32,6 (326)	11
ОПК-16-200-140		200	219	6	379	433	29,1 (291)	19
ОПК-16-250-160		250	273	7	429	612	35 (350)	34
ОПК-16-300-180		300	325		489	631	32,1 (321)	42
ОПК-16-350-180		350	377		528	640	40 (400)	48
ОПК-16-400-190		400	426		590	668	57,9 (579)	70
ОПК-16-500-200		500	530	8	702	682	60,8 (608)	101
ОПК-16-600-200		600	630		810	695	61,3 (613)	131
ОПК-16-700-210		700	720		900	698	69,8 (698)	161
ОПК-16-800-210		800	820		1020	726	63,7 (637)	183
ОПК-16-900-210		900	920	10	1124	704	70,6 (706)	220
ОПК-16-1000-220		1000	1020		1228	726	87,2 (872)	272
ОПК-16-1200-220		1200	1220	12	1428	726	104,4 (1044)	373
ОПК-16-1400-220		1400	1420	14	1636	732	129,5 (1295)	466
ОПК-25-50-70	2,5 (25)	50	57	3,5	174	349	32,2 (322)	4,3
ОПК-25-65-70		65	76					4,0
ОПК-25-80-70		80	89		187	359	29,6 (296)	4,6
ОПК-25-100-80		100	108	4	206	370	25,9 (259)	6,5
ОПК-25-125-90		125	133		272	382	36,6 (366)	8,2
ОПК-25-150-100		150	159	4,5	307	396	32,6 (326)	9,9
ОПК-25-200-140		200	219	6	379	442	38,7 (387)	18
ОПК-25-250-160		250	273	7	429	621	35 (350)	34
ОПК-25-300-180		300	325		489	632	40,1 (401)	43
ОПК-25-350-180		350	377		528	658	56 (560)	50
ОПК-25-400-190		400	426		590	678	72,3 (723)	72
ОПК-25-500-200		500	530	8	702	692	74,3 (743)	104
ОПК-25-600-200		600	630		810	713	73,6 (736)	135
ОПК-25-700-210		700	720		900	714	88,9 (889)	164
ОПК-25-800-210		800	820		1020	743	81,1 (811)	198
ОПК-25-900-210		900	920	10	1124	719	102,8 (1028)	245
ОПК-25-1000-220		1000	1020		1228	742	104,5 (1045)	300
ОПК-25-1200-220		1200	1220	14	1428	742	125,1 (1251)	408
ОПК-25-1400-220		1400	1420		1636	750	161,6 (1616)	508

Компенсаторы сильфонные типа ОПМ

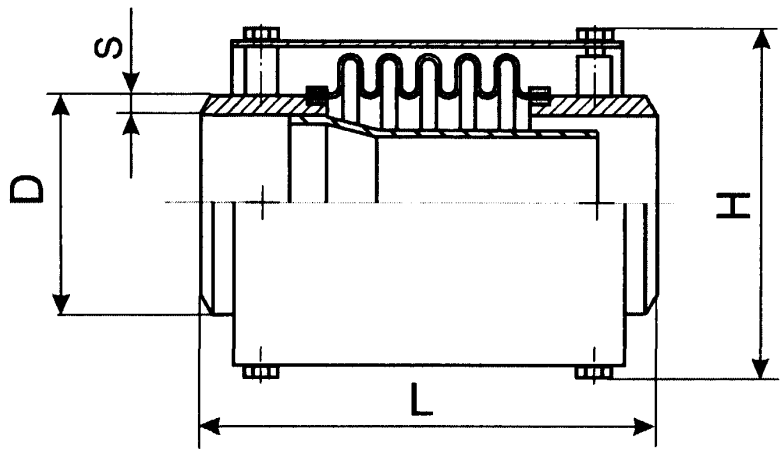


Таблица 4

Условное обозначение	Условное давление, PN МПа (кгс/см²)	Условный диаметр, DN, мм	Размеры, мм				Жесткость осевого хода, C_λ, кН/м (кгс/см)	Масса, кг
			D	s	H	L		
ОПМ-2,5-250-160	0,25 (2,5)	250	273	7	429	599	17,5 (175)	37
ОПМ-2,5-300-180		300	325		489	617	16 (160)	45
ОПМ-2,5-350-180		350	377		528	632	16 (160)	47
ОПМ-2,5-400-190		400	426		590	648	14,5 (145)	58
ОПМ-2,5-500-200		500	530	8	702	661	20,3 (203)	83
ОПМ-2,5-600-200		600	630		810	697	18,4 (184)	109
ОПМ-2,5-700-210		700	720		900	678	19 (190)	130
ОПМ-2,5-800-210		800	820		1020	706	17,4 (174)	154
ОПМ-2,5-900-210		900	920	10	1124	685	25,7 (257)	185
ОПМ-2,5-1000-220		1000	1020		1228	700	23,1 (231)	218
ОПМ-2,5-1200-220		1200	1220	12	1428	700	27,7 (277)	313
ОПМ-2,5-1400-220		1400	1420	14	1636	700	32,2 (322)	362
ОПМ-6,3-350-180	0,63 (6,3)	350	377	7	528	641	24 (240)	47
ОПМ-6,3-400-190		400	426		590	684	21,7 (217)	58
ОПМ-6,3-500-200		500	530	8	702	697	27 (270)	83
ОПМ-6,3-600-200		600	630		810	733	30,6 (306)	109
ОПМ-6,3-700-210		700	720		900	710	31,7 (317)	130
ОПМ-6,3-800-210		800	820		1020	732	29 (290)	154
ОПМ-6,3-900-210		900	920	10	1124	713	32,1 (321)	185
ОПМ-6,3-1000-220		1000	1020		1228	733	34,7 (347)	218
ОПМ-6,3-1200-220		1200	1220	12	1428	714	41,5 (415)	338
ОПМ-6,3-1400-220		1400	1420	14	1636	714	48,3 (483)	392

Продолжение таблицы 4

Условное обозначение	Условное давление, PN, МПа (кгс/см²)	Условный диаметр, DN, мм	Размеры, мм				Жесткость осевого хода, C_λ, кН/м (кгс/см)	Масса, кг
			D	S	H	L		
ОПМ-10-350-180	1,0 (10)	350	377	7	528	640	32 (320)	55
ОПМ-10-400-190		400	426		590	668	28,9 (289)	78
ОПМ-10-500-200		500	530	8	702	682	33,8 (338)	111
ОПМ-10-600-200		600	630		810	695	36,8 (368)	151
ОПМ-10-700-210		700	720		900	698	50,8 (508)	185
ОПМ-10-800-210		800	820		1020	726	46,4 (464)	212
ОПМ-10-900-210		900	920	10	1124	704	51,4 (514)	252
ОПМ-10-1000-220		1000	1020		1228	726	64,1 (641)	303
ОПМ-10-1200-220		1200	1220	12	1428	726	76,7 (767)	416
ОПМ-10-1400-220		1400	1420	14	1636	732	89,2 (892)	512
ОПМ-16-125-90	1,6 (16)	125	133	4	272	381	24,4 (244)	9
ОПМ-16-150-100		150	159	4,5	307	387	32,6 (326)	11
ОПМ-16-200-140		200	219	6	379	433	29,1 (291)	20
ОПМ-16-250-160		250	273	7	429	612	35 (350)	41
ОПМ-16-300-180		300	325		489	631	32,1 (321)	49
ОПМ-16-350-180		350	377		528	640	40 (400)	55
ОПМ-16-400-190		400	426		590	668	57,9 (579)	78
ОПМ-16-500-200		500	530	8	702	682	60,8 (608)	111
ОПМ-16-600-200		600	630		810	695	61,3 (613)	151
ОПМ-16-700-210		700	720		900	698	69,8 (698)	185
ОПМ-16-800-210		800	820		1020	726	63,7 (637)	212
ОПМ-16-900-210		900	920	10	1124	704	70,6 (706)	252
ОПМ-16-1000-220		1000	1020		1228	726	87,2 (872)	303
ОПМ-16-1200-220		1200	1220	12	1428	726	104,4 (1044)	416
ОПМ-16-1400-220		1400	1420	14	1636	732	129,5 (1295)	512
ОПМ-25-65-70	2,5 (25)	65	76	3,5	174	349	32,2 (322)	5
ОПМ-25-80-70		80	89		187	359	29,6 (296)	6
ОПМ-25-100-80		100	108	4	206	370	25,9 (259)	8
ОПМ-25-125-90		125	133		272	382	36,6 (366)	10
ОПМ-25-150-100		150	159	4,5	307	396	32,6 (326)	12
ОПМ-25-200-140		200	219	6	379	442	38,7 (387)	21
ОПМ-25-250-160		250	273	7	429	621	35 (350)	41
ОПМ-25-300-180		300	325		489	632	40,1 (401)	52
ОПМ-25-350-180		350	377		528	658	56 (560)	62
ОПМ-25-400-190		400	426		590	678	72,3 (723)	85
ОПМ-25-500-200		500	530	8	702	692	74,3 (743)	121
ОПМ-25-600-200		600	630		810	713	73,6 (736)	164
ОПМ-25-700-210		700	720		900	714	88,9 (889)	197
ОПМ-25-800-210		800	820		1020	743	81,1 (811)	238
ОПМ-25-900-210		900	920	10	1124	719	102,8 (1028)	288
ОПМ-25-1000-220		1000	1020		1228	742	104,5 (1045)	350
ОПМ-25-1200-220		1200	1220	14	1428	742	125,1 (1251)	471
ОПМ-25-1400-220		1400	1420		1636	750	161,6 (1616)	579

Компенсаторы сильфонные типа ОПФН

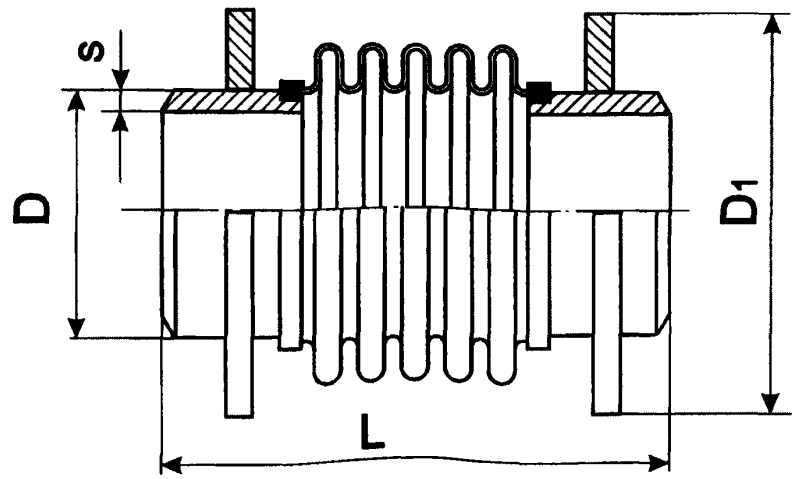


Таблица 5

Условное обозначение	Условное давление, PN МПа (кгс/см²)	Условный диаметр, DN, мм	Размеры, мм				Жесткость осевого хода, C_λ, кН/м (кгс/см)	Масса, кг
			D	S	D_1	L		
ОПФН-16-200-140	1,6 (16)	200	219	6	504	433	29,1 (291)	45
ОПФН-16-250-160		250	273	7	504	612	35 (350)	54
ОПФН-16-300-180		300	325		606	631	32,1 (321)	73
ОПФН-16-350-180		350	377		602	640	40 (400)	70
ОПФН-16-400-190		400	426		694	668	57,9 (579)	102
ОПФН-16-500-200		500	530	8	792	682	60,8 (608)	143
ОПФН-16-600-200		600	630		890	695	61,3 (613)	177
ОПФН-16-700-210		700	720		990	698	69,8 (698)	206
ОПФН-16-800-210		800	820		990	726	63,7 (637)	210
ОПФН-16-900-210		900	920	10	1188	704	70,6 (706)	286
ОПФН-16-1000-220		1000	1020		1270	726	87,2 (872)	326
ОПФН-16-1200-220		1200	1220	12	1470	726	104,4 (1044)	437
ОПФН-25-200-140	2,5 (25)	200	219	6	504	442	38,7 (387)	47
ОПФН-25-250-160		250	273	7	504	621	35 (350)	56
ОПФН-25-300-180		300	325		606	632	40,1 (401)	78
ОПФН-25-350-180		350	377		602	656	56 (560)	76
ОПФН-25-400-190		400	426		694	678	72,3 (723)	111
ОПФН-25-500-200		500	530	8	792	692	74,3 (743)	153
ОПФН-25-600-200		600	630		890	713	73,6 (736)	191
ОПФН-25-700-210		700	720		990	714	88,9 (889)	221
ОПФН-25-800-210		800	820		990	743	81,1 (811)	238
ОПФН-25-900-210		900	920	10	1188	719	102,8 (1028)	315
ОПФН-25-1000-220		1000	1020		1270	742	104,5 (1045)	372
ОПФН-25-1200-220		1200	1220	14	1470	742	125,1 (1251)	492

Компенсаторы сильфонные типа 1КСО

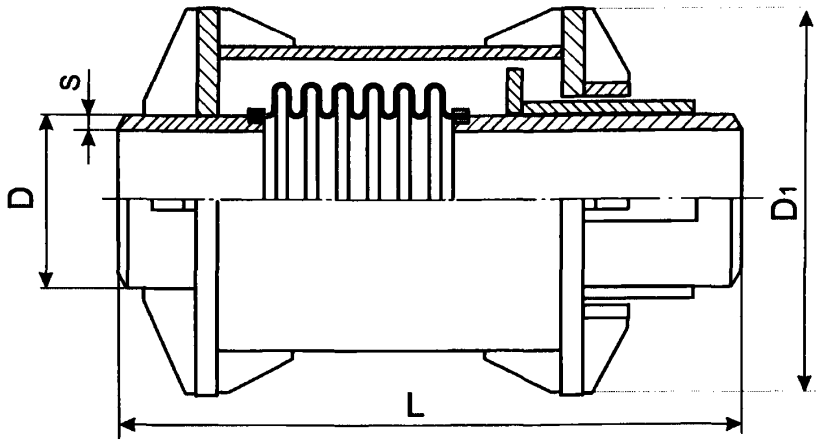


Таблица 6

Условное обозначение	Условное давление, PN МПа (кгс/см²)	Условный диаметр, DN, мм	Размеры, мм				Жесткость осевого хода, C_λ, кН/м (кгс/см)	Масса, кг
			D	s	D_1	L		
1КСО-25-50-35	2,5 (25)	50	57	3,5	233	844	32,2 (322)	24,5
1КСО-25-65-35		65	76					25
1КСО-25-80-35		80	89		259	854	29,6 (296)	31
1КСО-25-100-40		100	108	4	319	875	25,9 (259)	47
1КСО-25-125-45		125	133			897	36,6 (366)	51
1КСО-25-150-50		150	159	4,5	373	925	32,6 (326)	72
1КСО-25-200-70		200	219	6	425	1011	38,7 (387)	100
1КСО-25-250-80		250	273	7	477	823	35 (350)	106
1КСО-25-300-90		300	325		526	854	40,1 (401)	125
1КСО-25-350-90		350	377		630	880	56 (560)	166
1КСО-25-400-95		400	426			910	72,3 (723)	189
1КСО-25-500-100		500	530	8	820	934	74,3 (743)	292
1КСО-25-600-100		600	630		920	955	73,6 (736)	355
1КСО-25-700-105		700	720		1020	962	88,9 (889)	408
1КСО-25-800-105		800	820		1120	995	81,1 (811)	530
1КСО-25-900-105		900	920	10	1320	971	102,8 (1028)	692
1КСО-25-1000-110		1000	1020			1006	104,5 (1045)	755
1КСО-25-1200-110		1200	1220	14	1520		125,1 (1251)	984
1КСО-25-1400-110		1400	1420		1700	1215	161,6 (1616)	1612

Компенсаторы сильфонные типа 2КСО

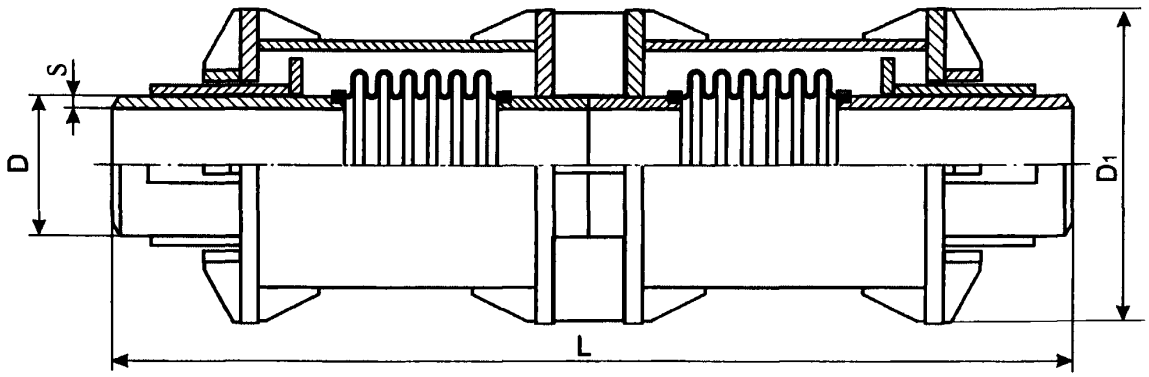


Таблица 7

Условное обозначение	Условное давление, PN МПа (кгс/см²)	Условный диаметр, DN, мм	Размеры, мм				Жесткость осевого хода, C_λ, кН/м (кгс/см)	Масса, кг
			D	s	D_1	L		
2КСО-25-50-70	2,5 (25)	50	57	3,5	233	1688	16,1 (161)	55
2КСО-25-65-70		65	76					53
2КСО-25-80-70		80	89		259	1708	14,8 (148)	65
2КСО-25-100-80		100	108	4	319	1750	12,9 (129)	100
2КСО-25-125-90		125	133			1794	18,3 (183)	106
2КСО-25-150-100		150	159	4,5	373	7850	16,3 (163)	150
2КСО-25-200-140		200	219	6	425	2022	19,4 (194)	206
2КСО-25-250-160		250	273	7	477	1646	17,5 (175)	221
2КСО-25-300-180		300	325		526	1708	20,1 (201)	258
2КСО-25-350-180		350	377		630	1760	28 (280)	344
2КСО-25-400-190		400	426			1820	36,2 (362)	387
2КСО-25-500-200		500	530	8	820	1868	37,2 (372)	596
2КСО-25-600-200		600	630		920	1910	36,8 (368)	722
2КСО-25-700-210		700	720		1020	1924	44,5 (445)	828
2КСО-25-800-210		800	820		1120	1990	40,6 (406)	1073
2КСО-25-900-210		900	920	10	1320	1942	51,4 (514)	1401
2КСО-25-1000-220		1000	1020			2012	52,3 (523)	1520
2КСО-25-1200-220		1200	1220	14	1520		63,6 (636)	1978
2КСО-25-1400-220		1400	1420		1700	2430	80,8 (808)	3235

Компенсаторы сильфонные типа ОПНР

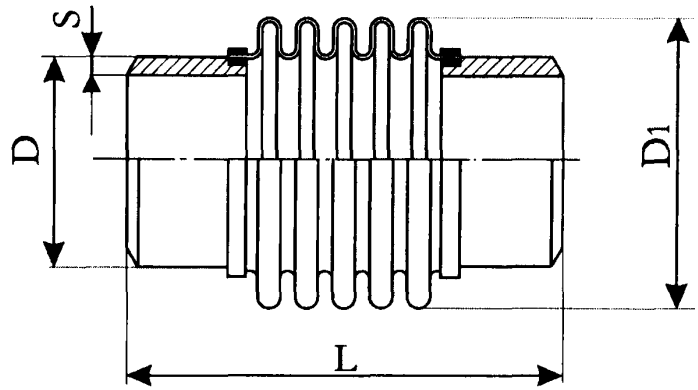


Таблица 8

Условное обозначение	Условное давление, PN МПа (кгс/см²)	Условный диаметр, DN, мм	Размеры, мм				Жесткость осевого хода, C_λ, кН/м (кгс/см)	Масса, кг
			D	s	D_1	L		
ОПНР-16-125-130	1,6 (16)	125	133	4	171	409	29,9 (299)	6,3
ОПНР-16-150-150		150	159	4,5	203	402	26,7 (267)	7,9
ОПНР-16-200-160		200	219	6	259	453	34,9 (349)	16
ОПНР-16-250-180		250	273	7	319	634	31,5 (315)	33
ОПНР-16-300-190		300	325		373	655	28,9 (289)	41
ОПНР-16-350-190		350	377		431	664	36 (360)	49
ОПНР-16-400-200		400	426		485	693	39,1 (391)	71
ОПНР-16-500-210		500	530	8	600	682	60,8 (608)	85
ОПНР-16-600-220		600	630		706	695	61,3 (613)	112
ОПНР-16-700-220		700	720		797	698	69,8 (698)	140
ОПНР-16-800-240		800	820		911	726	63,7 (637)	158
ОПНР-16-900-260		900	920	10	1015	704	70,6 (706)	194
ОПНР-16-1000-260		1000	1020		1117	726	87,2 (872)	229
ОПНР-16-1200-260		1200	1220	12	1319	726	104,4 (1044)	323
ОПНР-16-1400-260		1400	1420	14	1522	732	129,5 (1295)	408
ОПНР-25-50-80	2,5 (25)	50	57	3,5	105	382	24,2 (242)	3,2
ОПНР-25-65-80		65	76					2,8
ОПНР-25-80-90		80	89		120	395	22,2 (222)	3,4
ОПНР-25-100-120		100	108	4	143	409	29,1 (291)	4,9
ОПНР-25-125-130		125	133		172	410	29,9 (299)	7,1
ОПНР-25-150-150		150	159	4,5	204	412	26,7 (267)	8,9
ОПНР-25-200-160		200	219	6	261	463	34,9 (349)	17
ОПНР-25-250-180		250	273	7	319	644	31,5 (315)	34
ОПНР-25-300-190		300	325		374	656	36,1 (361)	44
ОПНР-25-350-190		350	377		431	682	50,4 (504)	55
ОПНР-25-400-200		400	426		485	705	65,1 (651)	78
ОПНР-25-500-210		500	530	8	600	692	74,3 (743)	95
ОПНР-25-600-220		600	630		706	713	73,6 (736)	124
ОПНР-25-700-220		700	720		797	714	88,9 (889)	152
ОПНР-25-800-240		800	820		911	743	81,1 (811)	184
ОПНР-25-900-260		900	920	10	1015	719	102,8 (1028)	230
ОПНР-25-1000-260		1000	1020		1117	742	104,5 (1045)	275
ОПНР-25-1200-260		1200	1220	14	1319	742	125,1 (1251)	378
ОПНР-25-1400-260		1400	1420		1522	750	161,6 (1616)	475

Компенсаторы сильфонные типа ОПКР

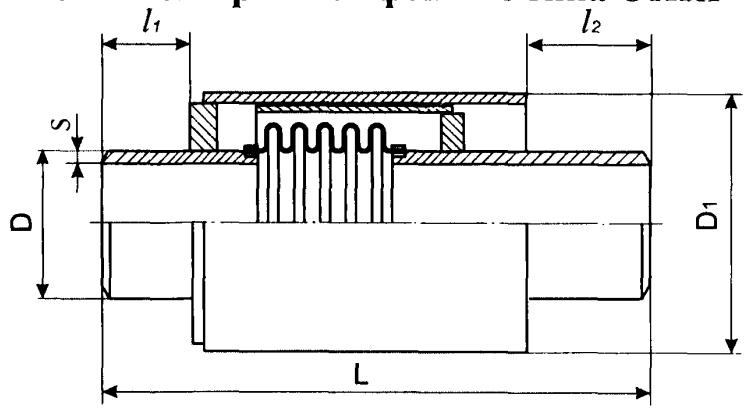


Таблица 9

Условное обозначение	Условное давление, PN МПа (кгс/см²)	Условный диаметр, DN, мм	Размеры, мм						Жесткость осевого хода, C_λ, кН/м (кгс/см)	Масса, кг
			D	s	D_1	L	l_1	l_2		
ОПКР-16-100-120	1,6 (16)	100	108	4	219	619	100	150	19,4 (194)	25
ОПКР-16-125-130		125	133		245	625			29,9 (299)	31
ОПКР-16-150-150		150	159	4,5	273	638			26,7 (267)	37
ОПКР-16-200-160		200	219	6	340	744			34,9 (349)	57
ОПКР-16-250-180		250	273	7	400	775			31,5 (315)	67
ОПКР-16-300-190		300	325		455	790			28,9 (289)	117
ОПКР-16-350-190		350	377		510	799			36 (360)	139
ОПКР-16-400-200		400	426		575	836			39,1 (391)	175
ОПКР-16-500-210		500	530	8	686	827			60,8 (608)	232
ОПКР-16-600-220		600	630		820	890			61,3 (613)	340
ОПКР-16-700-220		700	720		920	1003			69,8 (698)	488
ОПКР-16-800-240		800	820		1020	1046			63,7 (637)	562
ОПКР-16-900-260		900	920	10	1120	1039			70,6 (706)	727
ОПКР-16-1000-260		1000	1020		1320	1071			87,2 (872)	901
ОПКР-16-1200-260		1200	1220	14	1420	1071			104,4 (1044)	1125
ОПКР-16-1400-260		1400	1420		1620	1077			129,5 (1295)	1334
ОПКР-25-50-80	2,5 (25)	50	57	3,5	159	536	100	120	24,2 (242)	14
ОПКР-25-65-80		65	76		178	542				17
ОПКР-25-80-90		80	89		194	561			22,2 (222)	20
ОПКР-25-100-120		100	108	4	219	620		150	29,1 (291)	26
ОПКР-25-125-130		125	133		245	625			29,9 (299)	31
ОПКР-25-150-150		150	159	4,5	273	638			26,7 (267)	37
ОПКР-25-200-160		200	219	6	340	744			34,9 (349)	67
ОПКР-25-250-180		250	273	7	400	775			31,5 (315)	98
ОПКР-25-300-190		300	325		455	793			36,1 (361)	120
ОПКР-25-350-190		350	377		510	819			50,4 (504)	148
ОПКР-25-400-200		400	426		575	846			65,1 (651)	192
ОПКР-25-500-210		500	530	8	686	837			74,3 (743)	245
ОПКР-25-600-220		600	630		820	908			73,6 (736)	359
ОПКР-25-700-220		700	720		920	1019			88,9 (889)	505
ОПКР-25-800-240		800	820		1020	1063			81,1 (811)	596
ОПКР-25-900-260		900	920	10	1120	1054			102,8 (1028)	771
ОПКР-25-1000-260		1000	1020		1320	1087			104,5 (1045)	1041
ОПКР-25-1200-260		1200	1220	14	1420	1115			125,1 (1251)	1218
ОПКР-25-1400-260		1400	1420		1620	1095			161,6 (1616)	1420

Компенсаторы сильфонные типа 2ОПКР

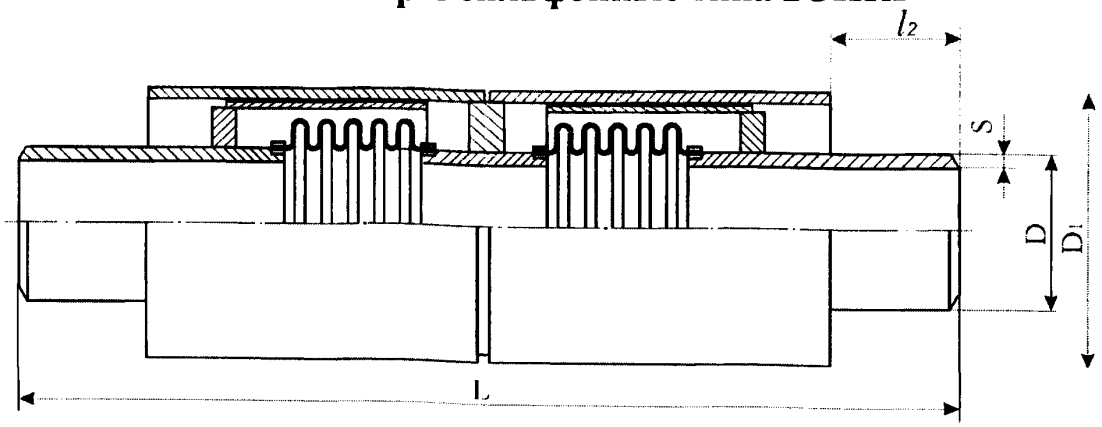


Таблица 10

Условное обозначение	Условное давление, PN МПа (кгс/см²)	Условный диаметр, DN, мм	Размеры, мм					Жесткость осевого хода, C_λ, кН/м (кгс/см)	Масса, кг
			D	s	D_1	L	l_2		
2ОПКР-16-100-240	1,6 (16)	100	108	4	219	1030	150	9,7 (97)	47
2ОПКР-16-125-260		125	133		245	1042		15 (150)	65
2ОПКР-16-150-300		150	159	4,5	273	1068		13,4 (134)	68
2ОПКР-16-200-320		200	219	6	340	1276		17,5 (175)	143
2ОПКР-16-250-360		250	273	7	400	1338		15,8 (158)	181
2ОПКР-16-300-380		300	325		455	1368		14,5 (145)	222
2ОПКР-16-350-380		350	377		510	1386		18 (180)	285
2ОПКР-16-400-400		400	426		575	1460		19,6 (196)	335
2ОПКР-16-500-420		500	530	8	686	1442		30,4 (304)	432
2ОПКР-16-600-440		600	630		820	1568		30,7 (307)	750
2ОПКР-16-700-440		700	720		920	1794		34,9 (349)	927
2ОПКР-16-800-480		800	820		1020	1880		31,9 (319)	1200
2ОПКР-16-900-520		900	920	10	1120	1862		35,3 (353)	1500
2ОПКР-16-1000-520		1000	1020		1320	1926		43,6 (436)	1975
2ОПКР-16-1200-520		1200	1220	14	1420	1926		52,2 (522)	2300
2ОПКР-16-1400-520		1400	1420		1620	1938		64,8 (648)	2700
2ОПКР-25-50-160	2,5 (25)	50	57	3,5	159	864	120	12,1 (121)	30
2ОПКР-25-65-160		65	76		178	876			35
2ОПКР-25-80-180		80	89		194	914		11,1 (111)	40
2ОПКР-25-100-240		100	108	4	219	1032	150	14,5 (145)	47
2ОПКР-25-125-260		125	133		245	1042		15 (150)	65
2ОПКР-25-150-300		150	159	4,5	273	1068		13,4 (134)	68
2ОПКР-25-200-320		200	219	6	340	1276		17,5 (175)	143
2ОПКР-25-250-360		250	273	7	400	1338		15,6 (156)	181
2ОПКР-25-300-380		300	325		455	1374		18,1 (181)	250
2ОПКР-25-350-380		350	377		510	1426		25,2 (252)	305
2ОПКР-25-400-400		400	426		575	1480		32,6 (326)	390
2ОПКР-25-500-420		500	530	8	686	1462		37,2 (372)	488
2ОПКР-25-600-440		600	630		820	1604		36,8 (368)	730
2ОПКР-25-700-440		700	720		920	1826		44,5 (445)	939
2ОПКР-25-800-480		800	820		1020	1614		40,6 (406)	1200
2ОПКР-25-900-520		900	920	10	1120	1892		51,4 (514)	1550
2ОПКР-25-1000-520		1000	1020		1320	1958		52,3 (523)	2090
2ОПКР-25-1200-520		1200	1220	14	1420	2014		62,6 (626)	2500
2ОПКР-25-1400-520		1400	1420		1620	1974		80,8 (808)	2900

Компенсаторы сильфонные типа ОПМР

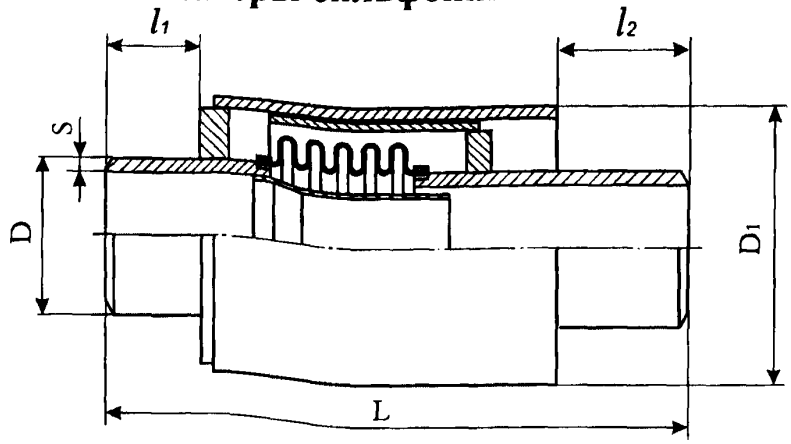


Таблица 11

Условное обозначение	Условное давление, PN МПа (кгс/см²)	Условный диаметр, DN, мм	Размеры, мм						Жесткость осевого хода, C_λ, кН/м (кгс/см)	Масса, кг
			D	s	D_1	L	l_1	l_2		
ОПМР-16-100-120	1,6 (16)	100	108	4	219	619	100	150	19,4 (194)	26
ОПМР-16-125-130		125	133		245	625			29,9 (299)	33
ОПМР-16-150-150		150	159	4,5	273	638			26,7 (267)	39
ОПМР-16-200-160		200	219	6	340	744			34,9 (349)	60
ОПМР-16-250-180		250	273	7	400	775			31,5 (315)	74
ОПМР-16-300-190		300	325		455	790			28,9 (289)	126
ОПМР-16-350-190		350	377		510	799			36 (360)	151
ОПМР-16-400-200		400	426		575	836			39,1 (391)	188
ОПМР-16-500-210		500	530	8	686	827			60,8 (608)	249
ОПМР-16-600-220		600	630		820	890			61,3 (613)	369
ОПМР-16-700-220		700	720		920	1003			69,8 (698)	521
ОПМР-16-800-240		800	820		1020	1046			63,7 (637)	602
ОПМР-16-900-260		900	920	10	1120	1039			70,6 (706)	770
ОПМР-16-1000-260		1000	1020		1320	1071			87,2 (872)	951
ОПМР-16-1200-260		1200	1220	14	1420	1071			104,4 (1044)	1188
ОПМР-16-1400-260		1400	1420		1620	1077			129,5 (1295)	1405
ОПМР-25-65-80	2,5 (25)	65	76	3,5	178	542	100	120	24,2 (242)	18
ОПМР-25-80-90		80	89		194	561			22,2 (222)	21
ОПМР-25-100-120		100	108	4	219	620		150	29,1 (291)	27
ОПМР-25-125-130		125	133		245	625			29,9 (299)	33
ОПМР-25-150-150		150	159	4,5	273	638			26,7 (267)	39
ОПМР-25-200-160		200	219	6	340	744			34,9 (349)	70
ОПМР-25-250-180		250	273	7	400	775			31,5 (315)	105
ОПМР-25-300-190		300	325		455	793			36,1 (361)	129
ОПМР-25-350-190		350	377		510	819			50,4 (504)	160
ОПМР-25-400-200		400	426		575	846			65,1 (651)	205
ОПМР-25-500-210		500	530	8	686	837			74,3 (743)	262
ОПМР-25-600-220		600	630		820	908			73,6 (736)	388
ОПМР-25-700-220		700	720		920	1019			88,9 (889)	538
ОПМР-25-800-240		800	820		1020	1063			81,1 (811)	636
ОПМР-25-900-260		900	920	10	1120	1054			102,8 (1028)	814
ОПМР-25-1000-260		1000	1020		1320	1087			104,5 (1045)	1091
ОПМР-25-1200-260		1200	1220	14	1420	1115			125,1 (1251)	1281
ОПМР-25-1400-260		1400	1420		1620	1095			161,6 (1616)	1491

Компенсаторы сильфонные типа 2ОПМР

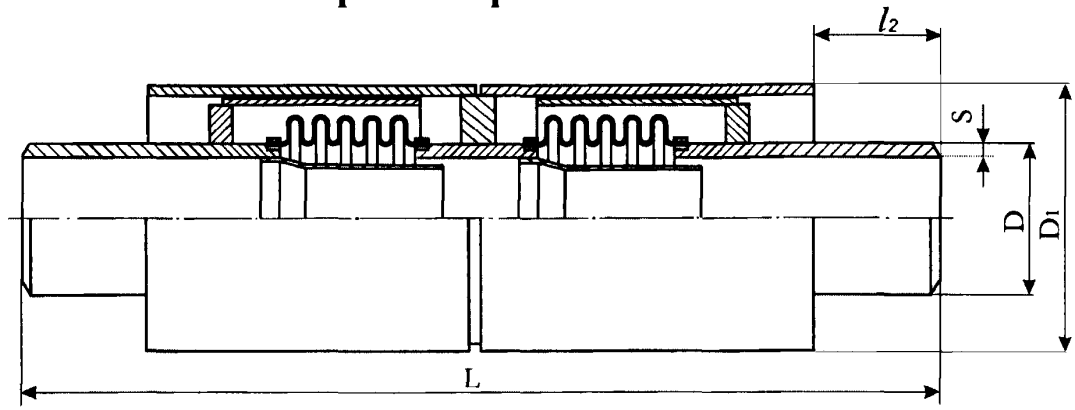


Таблица 12

Условное обозначение	Условное давление, PN МПа (кгс/см²)	Условный диаметр, DN, мм	Размеры, мм					Жесткость осевого хода, C_λ, кН/м (кгс/см)	Масса, кг
			D	s	D_1	L	l_2		
2ОПМР-16-100-240	1,6 (16)	100	108	4	219	1030	150	9,7 (97)	49
2ОПМР-16-125-260		125	133		245	1042		15 (150)	68
2ОПМР-16-150-300		150	159	4,5	273	1068		13,4 (134)	72
2ОПМР-16-200-320		200	219	6	340	1276		17,5 (175)	150
2ОПМР-16-250-360		250	273	7	400	1338		15,8 (158)	195
2ОПМР-16-300-380		300	325		455	1368		14,5 (145)	240
2ОПМР-16-350-380		350	377		510	1386		18 (180)	308
2ОПМР-16-400-400		400	426		575	1460		19,6 (196)	362
2ОПМР-16-500-420		500	530	8	686	1442		30,4 (304)	466
2ОПМР-16-600-440		600	630		820	1568		30.7 (307)	807
2ОПМР-16-700-440		700	720		920	1794		34,9 (349)	993
2ОПМР-16-800-480		800	820		1020	1880		31,9 (319)	1280
2ОПМР-16-900-520		900	920	10	1120	1862		35,3 (353)	1586
2ОПМР-16-1000-520		1000	1020		1320	1926		43,6 (436)	2075
2ОПМР-16-1200-520		1200	1220	14	1420	1926		52,2 (522)	2426
2ОПМР-16-1400-520		1400	1420		1620	1938		64,8 (648)	2842
2ОПМР-25-65-160	(2,5 25)	65	76	3,5	178	876	120	12,1 (121)	36
2ОПМР-25-80-180		80	89		194	914		11,1 (111)	42
2ОПМР-25-100-240		100	108	4	219	1032	150	14,5 (145)	49
2ОПМР-25-125-260		125	133		245	1042		15 (150)	68
2ОПМР-25-150-300		150	159	4,5	273	1068		13,4 (134)	72
2ОПМР-25-200-320		200	219	6	340	1276		17,5 (175)	150
2ОПМР-25-250-360		250	273	7	400	1338		15,6 (156)	195
2ОПМР-25-300-380		300	325		455	1374		18,1 (181)	268
2ОПМР-25-350-380		350	377		510	1426		25,2 (252)	328
2ОПМР-25-400-400		400	426		575	1480		32,6 (326)	417
2ОПМР-25-500-420		500	530	8	686	1462		37,2 (372)	522
2ОПМР-25-600-440		600	630		820	1604		36,8 (368)	787
2ОПМР-25-700-440		700	720		920	1826		44,5 (445)	1005
2ОПМР-25-800-480		800	820		1020	1614		40,6 (406)	1280
2ОПМР-25-900-520		900	920	10	1120	1892		51,4 (514)	1636
2ОПМР-25-1000-520		1000	1020		1320	1958		52,3 (523)	2190
2ОПМР-25-1200-520		1200	1220	14	1420	2014		62,6 (626)	2626
2ОПМР-25-1400-520		1400	1420		1620	1974		80,8 (808)	3042

Компенсаторы сильфонные типа ОФН

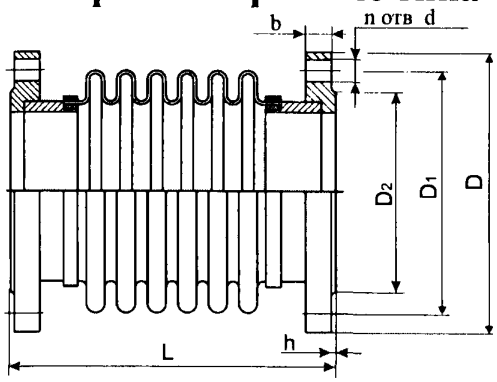


Таблица 13

Условное обозначение	Условное давление, PN МПа (кгс/см²)	Условный диаметр, DN, мм	Размеры, мм							n	Жесткость осевого хода, C_λ, кН/м	Масса, кг
			D	D_1	D_2	L	b	h	d			
ОФН-2,5-65	0,25 (2,5)	65	160	130	110	267	11	3	14	4	32,2	4,5
ОФН-2,5-80		80	185	150	128	277	11	3	18	4	29,6	5,7
ОФН-2,5-100		100	205	170	148	298	11	3	18	4	25,9	7,2
ОФН-2,5-125		125	235	200	178	311	13	3	18	8	24,4	8,9
ОФН-2,5-150		150	260	225	202	317	13	3	18	8	21,8	11,8
ОФН-2,5-200		200	315	280	258	405	15	3	18	8	19,4	18,9
ОФН-2,5-250		250	370	335	312	427	18	3	18	12	17,5	27,3
ОФН-2,5-300		300	435	395	365	451	18	4	22	12	16,0	35,7
ОФН-2,5-350		350	485	445	415	466	18	4	22	12	16,0	41,0
ОФН-2,5-400		400	535	495	565	482	18	4	22	16	14,5	46,6
ОФН-2,5-500		500	640	600	570	519	20	4	22	16	20,3	71,3
ОФН-2,5-600		600	755	705	670	557	20	5	26	20	18,4	91,3
ОФН-2,5-700		700	860	810	775	550	21	5	26	24	19,0	121,2
ОФН-2,5-800		800	975	920	880	578	21	5	30	24	17,4	147,8
ОФН-2,5-900		900	1075	1020	980	571	23	5	30	24	25,7	182,0
ОФН-2,5-1000		1000	1175	1120	1080	590	25	5	30	28	23,1	211,4
ОФН-6,3-65	0,63 (6,3)	65	160	130	110	267	13	3	14	4	32,2	4,5
ОФН-6,3-80		80	185	150	128	281	15	3	18	4	29,6	6,9
ОФН-6,3-100		100	205	170	148	302	15	3	18	4	25,9	8,6
ОФН-6,3-125		125	235	200	178	317	17	3	18	8	24,4	11,5
ОФН-6,3-150		150	260	225	202	323	17	3	18	8	21,8	13,7
ОФН-6,3-200		200	315	280	258	413	19	3	18	8	19,4	21,3
ОФН-6,3-250		250	370	335	312	449	20	3	18	12	26,3	30,7
ОФН-6,3-300		300	435	395	365	465	20	4	22	12	24,1	39,9
ОФН-6,3-350		350	485	445	415	483	22	4	22	12	24,0	54,0
ОФН-6,3-400		400	535	495	465	522	24	4	22	16	21,7	68,2
ОФН-6,3-500		500	640	600	570	577	25	4	22	16	27,0	98,5
ОФН-6,3-600		600	755	705	670	595	25	5	26	20	30,6	126,9
ОФН-6,3-700		700	860	810	775	586	27	5	26	24	31,7	164,6
ОФН-6,3-800		800	975	920	880	614	27	5	30	24	29,0	196,2
ОФН-6,3-900		900	1075	1020	980	603	29	5	30	24	32,1	240,0
ОФН-6,3-1000		1000	1175	1120	1080	627	31	5	30	28	34,7	283,9

Продолжение таблицы 13

Условное обозначение	Условное давление, PN МПа (кгс/см²)	Условный диаметр, DN, мм	Размеры, мм							n	Жесткость осевого хода, C_λ, кН/м	Масса, кг
			D	D_1	D_2	L	b	h	d			
ОФН-10-65	1,0 (10)	65	180	145	122	269	17	3	18	4	32,2	6,5
ОФН-10-80		80	195	160	133	279	17	3	18	4	29,6	8,2
ОФН-10-100		100	215	180	158	302	19	3	18	8	25,9	10,4
ОФН-10-125		125	245	210	184	315	21	3	18	8	24,4	13,9
ОФН-10-150		150	280	240	212	321	21	3	22	8	21,8	17,1
ОФН-10-200		200	335	295	268	417	21	3	22	8	19,4	25,4
ОФН-10-250		250	390	350	320	438	23	3	22	12	26,3	36,4
ОФН-10-300		300	440	400	370	469	24	4	22	12	24,1	47,0
ОФН-10-350		350	500	460	430	478	24	4	22	16	32,0	61,5
ОФН-10-400		400	565	515	482	508	26	4	26	16	28,9	97,0
ОФН-10-500		500	670	620	585	544	28	4	26	20	33,8	143,8
ОФН-10-600		600	780	725	685	561	31	5	30	20	36,8	189,5
ОФН-10-700		700	895	840	800	574	32	5	30	24	50,8	221,3
ОФН-10-800		800	1010	950	905	606	35	5	33	24	46,4	268,6
ОФН-10-900		900	1110	1050	1005	596	38	5	33	28	51,4	321,5
ОФН-10-1000		1000	1220	1160	1110	620	40	5	33	28	64,1	403,5
ОФН-16-65	1,6 (16)	65	180	145	122	273	21	3	18	4	32,2	8,5
ОФН-16-80		80	195	160	133	283	21	3	18	4	29,6	9,4
ОФН-16-10		100	215	180	158	306	23	3	18	8	25,9	12,1
ОФН-16-125		125	245	210	184	319	25	3	18	8	24,4	16,3
ОФН-16-150		150	280	240	212	325	25	3	22	8	32,6	20,4
ОФН-16-200		200	335	295	268	423	27	3	22	12	29,1	29,5
ОФН-16-250		250	405	355	320	442	28	3	26	12	35,0	42
ОФН-16-300		300	460	410	370	473	28	4	26	12	32,1	54
ОФН-16-350		350	520	470	430	484	30	4	26	16	40,0	69
ОФН-16-400		400	580	525	482	516	34	4	30	16	57,9	98
ОФН-16-500		500	710	650	585	510	44	4	33	20	60,8	189
ОФН-16-600		600	840	770	685	575	45	5	39	20	61,3	252
ОФН-16-700		700	910	840	800	590	47	5	39	24	69,8	278
ОФН-16-800		800	1020	950	905	620	49	5	39	24	63,7	341
ОФН-16-900		900	1120	1050	1005	610	51	5	39	28	70,6	403
ОФН-16-1000		1000	1255	1170	1110	634	53	5	45	28	87,2	523
ОФН-25-65	2,5 (25)	65	180	145	122	273	21	3	18	8	32,2	8,3
ОФН-25-80		80	195	160	133	285	23	3	18	8	29,6	10,2
ОФН-25-100		100	230	190	158	308	25	3	22	8	25,9	14,8
ОФН-25-125		125	270	220	184	322	27	3	26	8	36,6	21,0
ОФН-25-150		150	300	250	212	336	27	3	26	8	32,6	26,1
ОФН-25-200		200	360	310	278	434	29	3	26	12	38,7	39,2
ОФН-25-250		250	425	370	335	455	31	3	30	12	35,0	55,4
ОФН-25-300		300	485	430	390	479	32	4	30	16	40,1	72,8
ОФН-25-350		350	550	490	450	510	38	4	33	16	56,0	103,5
ОФН-25-400		400	610	550	505	532	40	4	33	16	72,3	140,5
ОФН-25-500		500	730	660	615	574	48	4	39	20	74,3	212,7
ОФН-25-600		600	840	770	720	599	51	5	39	20	73,6	347,1
ОФН-25-700		700	960	875	820	614	55	5	45	24	88,9	460,7
ОФН-25-800		800	1075	990	930	647	59	5	45	24	81,1	563,5
ОФН-25-900		900	1185	1090	1030	635	61	5	52	28	102,8	690,2
ОФН-25-1000		1000	1315	1210	1140	660	63	5	56	28	104,5	865,7

Компенсаторы сильфонные типа ОФГ

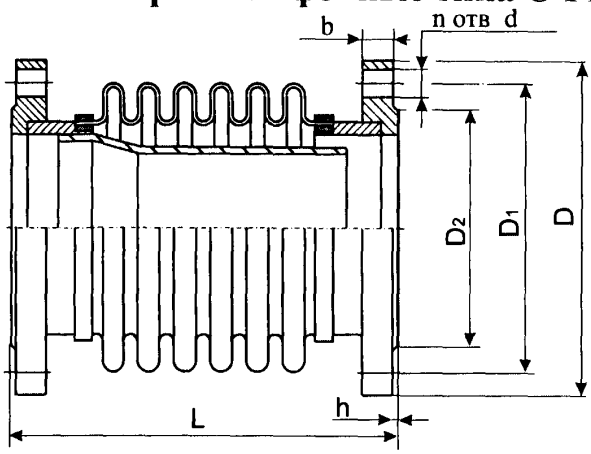


Таблица 14

Условное обозначение	Условное давление, PN МПа (кгс/см²)	Условный диаметр, DN, мм	Размеры, мм							n	Жесткость осевого хода, C_λ, кН/м	Масса, кг
			D	D_1	D_2	L	b	h	d			
ОФГ-2,5-65	0,25 (2,5)	65	160	130	110	267	11	3	14	4	32,2	5,2
ОФГ-2,5-80		80	185	150	128	277	11	3	18	4	29,6	6,6
ОФГ-2,5-100		100	205	170	148	298	11	3	18	4	25,9	8,3
ОФГ-2,5-125		125	235	200	178	311	13	3	18	8	24,4	10,4
ОФГ-2,5-150		150	260	225	202	317	13	3	18	8	21,8	13,8
ОФГ-2,5-200		200	315	280	258	405	15	3	18	8	19,4	22,2
ОФГ-2,5-250		250	370	335	312	427	18	3	18	12	17,5	34,5
ОФГ-2,5-300		300	435	395	365	451	18	4	22	12	16,0	44,7
ОФГ-2,5-350		350	485	445	415	466	18	4	22	12	16,0	52,5
ОФГ-2,5-400		400	535	495	565	482	18	4	22	16	14,5	59,9
ОФГ-2,5-500		500	640	600	570	519	20	4	22	16	20,3	88,2
ОФГ-2,5-600		600	755	705	670	557	20	5	26	20	18,4	120,0
ОФГ-2,5-700		700	860	810	775	550	21	5	26	24	19,0	154,1
ОФГ-2,5-800		800	975	920	880	578	21	5	30	24	17,4	187,9
ОФГ-2,5-900		900	1075	1020	980	571	23	5	30	24	25,7	225,2
ОФГ-2,5-1000		1000	1175	1120	1080	590	25	5	30	28	23,1	261,3
ОФГ-6,3-65	0,63 (6,3)	65	160	130	110	267	13	3	14	4	32,2	5,2
ОФГ-6,3-80		80	185	150	128	281	15	3	18	4	29,6	7,8
ОФГ-6,3-100		100	205	170	148	302	15	3	18	4	25,9	9,7
ОФГ-6,3-125		125	235	200	178	317	17	3	18	8	24,4	13,0
ОФГ-6,3-150		150	260	225	202	323	17	3	18	8	21,8	15,7
ОФГ-6,3-200		200	315	280	258	413	19	3	18	8	19,4	24,6
ОФГ-6,3-250		250	370	335	312	449	20	3	18	12	26,3	37,9
ОФГ-6,3-300		300	435	395	365	465	20	4	22	12	24,1	48,9
ОФГ-6,3-350		350	485	445	415	483	22	4	22	12	24,0	65,5
ОФГ-6,3-400		400	535	495	465	522	24	4	22	16	21,7	81,5
ОФГ-6,3-500		500	640	600	570	577	25	4	22	16	27,0	115,4
ОФГ-6,3-600		600	755	705	670	595	25	5	26	20	30,6	155,6
ОФГ-6,3-700		700	860	810	775	586	27	5	26	24	31,7	197,5
ОФГ-6,3-800		800	975	920	880	614	27	5	30	24	29,0	236,3
ОФГ-6,3-900		900	1075	1020	980	603	29	5	30	24	32,1	283,2
ОФГ-6,3-1000		1000	1175	1120	1080	627	31	5	30	28	34,7	333,8

Продолжение таблицы 14

Условное обозначение	Условное давление, PN МПа (кгс/см²)	Условный диаметр, DN, мм	Размеры, мм							n	Жесткость осевого хода, C_λ, кН/м	Масса, кг
			D	D_1	D_2	L	b	h	d			
ОФГ-10-65	1,0 (10)	65	180	145	122	269	17	3	18	4	32,2	7,2
ОФГ-10-80		80	195	160	133	279	17	3	18	4	29,6	9,1
ОФГ-10-100		100	215	180	158	302	19	3	18	8	25,9	11,5
ОФГ-10-125		125	245	210	184	315	21	3	18	8	24,4	15,4
ОФГ-10-150		150	280	240	212	321	21	3	22	8	21,8	19,1
ОФГ-10-200		200	335	295	268	417	21	3	22	8	19,4	28,7
ОФГ-10-250		250	390	350	320	438	23	3	22	12	26,3	43,6
ОФГ-10-300		300	440	400	370	469	24	4	22	12	24,1	56,0
ОФГ-10-350		350	500	460	430	478	24	4	22	16	32,0	73,0
ОФГ-10-400		400	565	515	482	508	26	4	26	16	28,9	110,3
ОФГ-10-500		500	670	620	585	544	28	4	26	20	33,8	160,7
ОФГ-10-600		600	780	725	685	561	31	5	30	20	36,8	218,2
ОФГ-10-700		700	895	840	800	574	32	5	30	24	50,8	254,2
ОФГ-10-800		800	1010	950	905	606	35	5	33	24	46,4	308,7
ОФГ-10-900		900	1110	1050	1005	596	38	5	33	28	51,4	364,7
ОФГ-10-1000		1000	1220	1160	1110	620	40	5	33	28	64,1	453,4
ОФГ-16-65	1,6 (16)	65	180	145	122	273	21	3	18	4	32,2	9,2
ОФГ-16-80		80	195	160	133	283	21	3	18	4	29,6	10,3
ОФГ-16-10		100	215	180	158	306	23	3	18	8	25,9	13,2
ОФГ-16-125		125	245	210	184	319	25	3	18	8	24,4	17,8
ОФГ-16-150		150	280	240	212	325	25	3	22	8	32,6	22,4
ОФГ-16-200		200	335	295	268	423	27	3	22	12	29,1	32,8
ОФГ-16-250		250	405	355	320	442	28	3	26	12	35,0	49,2
ОФГ-16-300		300	460	410	370	473	28	4	26	12	32,1	63,0
ОФГ-16-350		350	520	470	430	484	30	4	26	16	40,0	80,5
ОФГ-16-400		400	580	525	482	516	34	4	30	16	57,9	111,3
ОФГ-16-500		500	710	650	585	510	44	4	33	20	60,8	205,9
ОФГ-16-600		600	840	770	685	575	45	5	39	20	61,3	280,7
ОФГ-16-700		700	910	840	800	590	47	5	39	24	69,8	310,9
ОФГ-16-800		800	1020	950	905	620	49	5	39	24	63,7	381,1
ОФГ-16-900		900	1120	1050	1005	610	51	5	39	28	70,6	446,2
ОФГ-16-1000		1000	1255	1170	1110	634	53	5	45	28	87,2	572,9
ОФГ-25-65	2,5 (25)	65	180	145	122	273	21	3	18	8	32,2	9,0
ОФГ-25-80		80	195	160	133	285	23	3	18	8	29,6	11,1
ОФГ-25-100		100	230	190	158	308	25	3	22	8	25,9	15,9
ОФГ-25-125		125	270	220	184	322	27	3	26	8	36,6	22,5
ОФГ-25-150		150	300	250	212	336	27	3	26	8	32,6	28,1
ОФГ-25-200		200	360	310	278	434	29	3	26	12	38,7	42,5
ОФГ-25-250		250	425	370	335	455	31	3	30	12	35,0	62,6
ОФГ-25-300		300	485	430	390	479	32	4	30	16	40,1	81,8
ОФГ-25-350		350	550	490	450	510	38	4	33	16	56,0	115,0
ОФГ-25-400		400	610	550	505	532	40	4	33	16	72,3	153,8
ОФГ-25-500		500	730	660	615	574	48	4	39	20	74,3	229,6
ОФГ-25-600		600	840	770	720	599	51	5	39	20	73,6	375,8
ОФГ-25-700		700	960	875	820	614	55	5	45	24	88,9	493,6
ОФГ-25-800		800	1075	990	930	647	59	5	45	24	81,1	603,6
ОФГ-25-900		900	1185	1090	1030	635	61	5	52	28	102,8	733,4
ОФГ-25-1000		1000	1315	1210	1140	660	63	5	56	28	104,5	915,6

Компенсаторы сильфонные типа ОФК

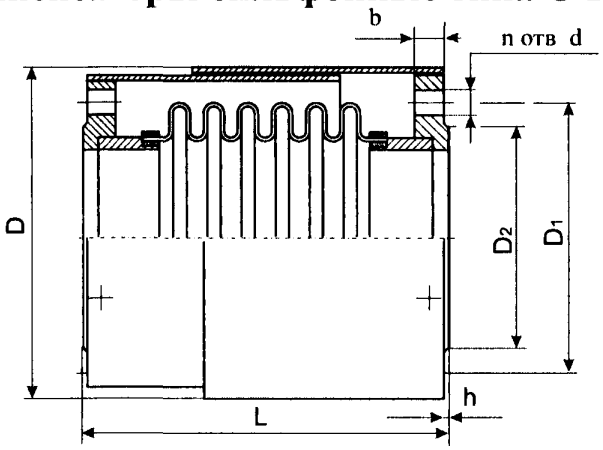


Таблица 15

Условное обозначение	Условное давление, PN МПа (кгс/см²)	Условный диаметр, DN, мм	Размеры, мм							n	Жесткость осевого хода, C_λ, кН/м	Масса, кг
			D	D_1	D_2	L	b	h	d			
ОФК-2,5-65	0,25 (2,5)	65	164	130	110	267	11	3	14	4	32,2	6,4
ОФК-2,5-80		80	189	150	128	277	11	3	18	4	29,6	7,8
ОФК-2,5-100		100	209	170	148	298	11	3	18	4	25,9	9,9
ОФК-2,5-125		125	239	200	178	311	13	3	18	8	24,4	11,5
ОФК-2,5-150		150	264	225	202	317	13	3	18	8	21,8	14,8
ОФК-2,5-200		200	321	280	258	405	15	3	18	8	19,4	23,1
ОФК-2,5-250		250	376	335	312	427	18	3	18	12	17,5	34,5
ОФК-2,5-300		300	441	395	365	451	18	4	22	12	16,0	44
ОФК-2,5-350		350	491	445	415	466	18	4	22	12	16,0	47,5
ОФК-2,5-400		400	541	495	565	482	18	4	22	16	14,5	53,9
ОФК-2,5-500		500	646	600	570	519	20	4	22	16	20,3	80,2
ОФК-2,5-600		600	761	705	670	557	20	5	26	20	18,4	102
ОФК-2,5-700		700	866	810	775	550	21	5	26	24	19,0	133,1
ОФК-2,5-800		800	981	920	880	578	21	5	30	24	17,4	161,9
ОФК-2,5-900		900	1081	1020	980	571	23	5	30	24	25,7	197,2
ОФК-2,5-1000		1000	1181	1120	1080	590	25	5	30	28	23,1	236,3
ОФК-6,3-65	0,63 (6,3)	65	164	130	110	267	13	3	14	4	32,2	6,4
ОФК-6,3-80		80	189	150	128	281	15	3	18	4	29,6	9
ОФК-6,3-100		100	209	170	148	302	15	3	18	4	25,9	11,3
ОФК-6,3-125		125	239	200	178	317	17	3	18	8	24,4	14,1
ОФК-6,3-150		150	264	225	202	323	17	3	18	8	21,8	16,7
ОФК-6,3-200		200	321	280	258	413	19	3	18	8	19,4	25,5
ОФК-6,3-250		250	376	335	312	449	20	3	18	12	26,3	37,9
ОФК-6,3-300		300	441	395	365	465	20	4	22	12	24,1	48,2
ОФК-6,3-350		350	491	445	415	483	22	4	22	12	24,0	60,5
ОФК-6,3-400		400	541	495	465	522	24	4	22	16	21,7	75,5
ОФК-6,3-500		500	646	600	570	577	25	4	22	16	27,0	107,4
ОФК-6,3-600		600	761	705	670	595	25	5	26	20	30,6	137,6
ОФК-6,3-700		700	866	810	775	586	27	5	26	24	31,7	176,5
ОФК-6,3-800		800	981	920	880	614	27	5	30	24	29,0	210,3
ОФК-6,3-900		900	1081	1020	980	603	29	5	30	24	32,1	255,2
ОФК-6,3-1000		1000	1181	1120	1080	627	31	5	30	28	34,7	308,8

Продолжение таблицы 15

Условное обозначение	Условное давление, PN МПа (кгс/см²)	Условный диаметр, DN, мм	Размеры, мм							n	Жесткость осевого хода, C_λ, кН/м	Масса, кг
			D	D_1	D_2	L	b	h	d			
ОФК-10-65	1,0 (10)	65	184	145	122	269	17	3	18	4	32,2	8,4
ОФК-10-80		80	199	160	133	279	17	3	18	4	29,6	10,3
ОФК-10-100		100	219	180	158	302	19	3	18	8	25,9	13,1
ОФК-10-125		125	249	210	184	315	21	3	18	8	24,4	16,5
ОФК-10-150		150	284	240	212	321	21	3	22	8	21,8	20,1
ОФК-10-200		200	341	295	268	417	21	3	22	8	19,4	29,6
ОФК-10-250		250	396	350	320	438	23	3	22	12	26,3	43,6
ОФК-10-300		300	446	400	370	469	24	4	22	12	24,1	55,3
ОФК-10-350		350	506	460	430	478	24	4	22	16	32,0	68
ОФК-10-400		400	571	515	482	508	26	4	26	16	28,9	104,3
ОФК-10-500		500	676	620	585	544	28	4	26	20	33,8	152,7
ОФК-10-600		600	786	725	685	561	31	5	30	20	36,8	200,2
ОФК-10-700		700	901	840	800	574	32	5	30	24	50,8	233,2
ОФК-10-800		800	1016	950	905	606	35	5	33	24	46,4	282,7
ОФК-10-900		900	1116	1050	1005	596	38	5	33	28	51,4	336,7
ОФК-10-1000		1000	1226	1160	1110	620	40	5	33	28	64,1	428,4
ОФК-16-65	1,6 (16)	65	184	145	122	273	21	3	18	4	32,2	10,4
ОФК-16-80		80	199	160	133	283	21	3	18	4	29,6	11,5
ОФК-16-10		100	219	180	158	306	23	3	18	8	25,9	14,8
ОФК-16-125		125	249	210	184	319	25	3	18	8	24,4	18,9
ОФК-16-150		150	284	240	212	325	25	3	22	8	32,6	23,4
ОФК-16-200		200	341	295	268	423	27	3	22	12	29,1	33,7
ОФК-16-250		250	411	355	320	442	28	3	26	12	35,0	49,2
ОФК-16-300		300	466	410	370	473	28	4	26	12	32,1	62,3
ОФК-16-350		350	526	470	430	484	30	4	26	16	40,0	75,5
ОФК-16-400		400	586	525	482	516	34	4	30	16	57,9	105,3
ОФК-16-500		500	716	650	585	510	44	4	33	20	60,8	197,9
ОФК-16-600		600	846	770	685	575	45	5	39	20	61,3	262,7
ОФК-16-700		700	916	840	800	590	47	5	39	24	69,8	289,9
ОФК-16-800		800	1026	950	905	620	49	5	39	24	63,7	355,1
ОФК-16-900		900	1126	1050	1005	610	51	5	39	28	70,6	418,2
ОФК-16-1000		1000	1261	1170	1110	634	53	5	45	28	87,2	547,9
ОФК-25-65	2,5 (25)	65	184	145	122	273	21	3	18	8	32,2	10,2
ОФК-25-80		80	199	160	133	285	23	3	18	8	29,6	12,3
ОФК-25-100		100	234	190	158	308	25	3	22	8	25,9	17,5
ОФК-25-125		125	274	220	184	322	27	3	26	8	36,6	23,6
ОФК-25-150		150	304	250	212	336	27	3	26	8	32,6	29,1
ОФК-25-200		200	366	310	278	434	29	3	26	12	38,7	43,4
ОФК-25-250		250	431	370	335	455	31	3	30	12	35,0	62,6
ОФК-25-300		300	491	430	390	479	32	4	30	16	40,1	81,1
ОФК-25-350		350	556	490	450	510	38	4	33	16	56,0	110
ОФК-25-400		400	616	550	505	532	40	4	33	16	72,3	147,8
ОФК-25-500		500	736	660	615	574	48	4	39	20	74,3	221,6
ОФК-25-600		600	846	770	720	599	51	5	39	20	73,6	357,8
ОФК-25-700		700	966	875	820	614	55	5	45	24	88,9	472,6
ОФК-25-800		800	1081	990	930	647	59	5	45	24	81,1	577,6
ОФК-25-900		900	1191	1090	1030	635	61	5	52	28	102,8	705,4
ОФК-25-1000		1000	1321	1210	1140	660	63	5	56	28	104,5	890,6

Компенсаторы сильфонные типа ОФМ

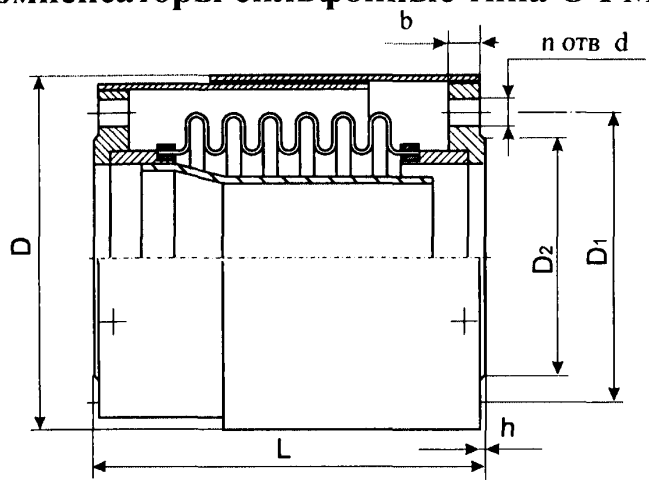


Таблица 16

Условное обозначение	Условное давление, PN МПа (кгс/см²)	Условный диаметр, DN, мм	Размеры, мм							n	Жесткость осевого хода, C_λ, кгс/см	Масса, кг
			D	D_1	D_2	L	b	h	d			
ОФМ-2,5-65	0,25 (2,5)	65	164	130	110	267	11	3	14	4	32,2	7,1
ОФМ-2,5-80		80	189	150	128	277	11	3	18	4	29,6	8,7
ОФМ-2,5-100		100	209	170	148	298	11	3	18	4	25,9	11,0
ОФМ-2,5-125		125	239	200	178	311	13	3	18	8	24,4	13,0
ОФМ-2,5-150		150	264	225	202	317	13	3	18	8	21,8	16,8
ОФМ-2,5-200		200	321	280	258	405	15	3	18	8	19,4	26,4
ОФМ-2,5-250		250	376	335	312	427	18	3	18	12	17,5	41,7
ОФМ-2,5-300		300	441	395	365	451	18	4	22	12	16,0	53,0
ОФМ-2,5-350		350	491	445	415	466	18	4	22	12	16,0	59,0
ОФМ-2,5-400		400	541	495	565	482	18	4	22	16	14,5	67,2
ОФМ-2,5-500		500	646	600	570	519	20	4	22	16	20,3	97,1
ОФМ-2,5-600		600	761	705	670	557	20	5	26	20	18,4	130,7
ОФМ-2,5-700		700	866	810	775	550	21	5	26	24	19,0	166,0
ОФМ-2,5-800		800	981	920	880	578	21	5	30	24	17,4	202,0
ОФМ-2,5-900		900	1081	1020	980	571	23	5	30	24	25,7	240,4
ОФМ-2,5-1000		1000	1181	1120	1080	590	25	5	30	28	23,1	286,2
ОФМ-6,3-65	0,63 (6,3)	65	164	130	110	267	13	3	14	4	32,2	7,1
ОФМ-6,3-80		80	189	150	128	281	15	3	18	4	29,6	9,9
ОФМ-6,3-100		100	209	170	148	302	15	3	18	4	25,9	12,4
ОФМ-6,3-125		125	239	200	178	317	17	3	18	8	24,4	15,6
ОФМ-6,3-150		150	264	225	202	323	17	3	18	8	21,8	18,7
ОФМ-6,3-200		200	321	280	258	413	19	3	18	8	19,4	28,8
ОФМ-6,3-250		250	376	335	312	449	20	3	18	12	26,3	45,1
ОФМ-6,3-300		300	441	395	365	465	20	4	22	12	24,1	57,2
ОФМ-6,3-350		350	491	445	415	483	22	4	22	12	24,0	72,0
ОФМ-6,3-400		400	541	495	465	522	24	4	22	16	21,7	88,8
ОФМ-6,3-500		500	646	600	570	577	25	4	22	16	27,0	124,3
ОФМ-6,3-600		600	761	705	670	595	25	5	26	20	30,6	166,3
ОФМ-6,3-700		700	866	810	775	586	27	5	26	24	31,7	209,4
ОФМ-6,3-800		800	981	920	880	614	27	5	30	24	29,0	250,4
ОФМ-6,3-900		900	1081	1020	980	603	29	5	30	24	32,1	298,4
ОФМ-6,3-1000		1000	1181	1120	1080	627	31	5	30	28	34,7	358,7

Продолжение таблицы 16

Условное обозначение	Условное давление, PN МПа (кгс/см²)	Условный диаметр, DN, мм	Размеры, мм							n	Жесткость осевого хода, C_λ, кгс/см	Масса, кг
			D	D_1	D_2	L	b	h	d			
ОФМ-10-65	1,0 (10)	65	184	145	122	269	17	3	18	4	32,2	9,1
ОФМ-10-80		80	199	160	133	279	17	3	18	4	29,6	11,2
ОФМ-10-100		100	219	180	158	302	19	3	18	8	25,9	14,2
ОФМ-10-125		125	249	210	184	315	21	3	18	8	24,4	18,0
ОФМ-10-150		150	284	240	212	321	21	3	22	8	21,8	22,1
ОФМ-10-200		200	341	295	268	417	21	3	22	8	19,4	32,9
ОФМ-10-250		250	396	350	320	438	23	3	22	12	26,3	50,8
ОФМ-10-300		300	446	400	370	469	24	4	22	12	24,1	64,3
ОФМ-10-350		350	506	460	430	478	24	4	22	16	32,0	79,5
ОФМ-10-400		400	571	515	482	508	26	4	26	16	28,9	117,6
ОФМ-10-500		500	676	620	585	544	28	4	26	20	33,8	169,6
ОФМ-10-600		600	786	725	685	561	31	5	30	20	36,8	228,9
ОФМ-10-700		700	901	840	800	574	32	5	30	24	50,8	266,1
ОФМ-10-800		800	1016	950	905	606	35	5	33	24	46,4	322,8
ОФМ-10-900		900	1116	1050	1005	596	38	5	33	28	51,4	379,9
ОФМ-10-1000		1000	1226	1160	1110	620	40	5	33	28	64,1	478,3
ОФМ-16-65	1,6 (16)	65	184	145	122	273	21	3	18	4	32,2	11,1
ОФМ-16-80		80	199	160	133	283	21	3	18	4	29,6	12,4
ОФМ-16-10		100	219	180	158	306	23	3	18	8	25,9	15,9
ОФМ-16-125		125	249	210	184	319	25	3	18	8	24,4	20,4
ОФМ-16-150		150	284	240	212	325	25	3	22	8	32,6	25,4
ОФМ-16-200		200	341	295	268	423	27	3	22	12	29,1	37,0
ОФМ-16-250		250	411	355	320	442	28	3	26	12	35,0	56,4
ОФМ-16-300		300	466	410	370	473	28	4	26	12	32,1	71,3
ОФМ-16-350		350	526	470	430	484	30	4	26	16	40,0	87,0
ОФМ-16-400		400	586	525	482	516	34	4	30	16	57,9	118,6
ОФМ-16-500		500	716	650	585	510	44	4	33	20	60,8	214,8
ОФМ-16-600		600	846	770	685	575	45	5	39	20	61,3	291,4
ОФМ-16-700		700	916	840	800	590	47	5	39	24	69,8	322,8
ОФМ-16-800		800	1026	950	905	620	49	5	39	24	63,7	395,2
ОФМ-16-900		900	1126	1050	1005	610	51	5	39	28	70,6	461,4
ОФМ-16-1000		1000	1261	1170	1110	634	53	5	45	28	87,2	597,8
ОФМ-25-65	2,5 (25)	65	184	145	122	273	21	3	18	8	32,2	10,9
ОФМ-25-80		80	199	160	133	285	23	3	18	8	29,6	13,2
ОФМ-25-100		100	234	190	158	308	25	3	22	8	25,9	18,6
ОФМ-25-125		125	274	220	184	322	27	3	26	8	36,6	25,1
ОФМ-25-150		150	304	250	212	336	27	3	26	8	32,6	31,1
ОФМ-25-200		200	366	310	278	434	29	3	26	12	38,7	46,7
ОФМ-25-250		250	431	370	335	4055	31	3	30	12	35,0	69,8
ОФМ-25-300		300	491	430	390	479	32	4	30	16	40,1	90,1
ОФМ-25-350		350	556	490	450	510	38	4	33	16	56,0	121,5
ОФМ-25-400		400	616	550	505	532	40	4	33	16	72,3	161,1
ОФМ-25-500		500	736	660	615	574	48	4	39	20	74,3	238,5
ОФМ-25-600		600	846	770	720	599	51	5	39	20	73,6	386,5
ОФМ-25-700		700	966	875	820	614	55	5	45	24	88,9	505,5
ОФМ-25-800		800	1081	990	930	647	59	5	45	24	81,1	617,7
ОФМ-25-900		900	1191	1090	1030	635	61	5	52	28	102,8	748,6
ОФМ-25-1000		1000	1321	1210	1140	660	63	5	56	28	104,5	940,5

Основные технические характеристики сильфонных компенсационных устройств

Таблица 17

Условное обозначение СКУ	PN, МПа (кгс/см²)	DN, мм	Жесткость осевого хода, C_λ, кН/м (кгс/см)	Коэффициент местного сопротивления ξ	Эффективная площадь, $S_{эф}$, см²	Амплитуда осевого хода, ±λ,мм (*) Режимы эксплуатации при наработке: 100% (10 циклов)	70% (150 циклов)	20% (10000 циклов)
СКУ.ТГИ-16-125-90.К	1,6 (16)	125	396	0,220	190	45	31,5	9
СКУ.ТГИ-16-150-100.К		150	390	0,200	279	50	35	10
СКУ.ТГИ-16-200-140.К		200	451	0,115	452	70	49	14
СКУ.ТГИ-16-250-160.К		250	510	0,103	680	80	56	16
СКУ.ТГИ-16-300-180.К		300	465	0,087	960	90	63	18
СКУ.ТГИ-16-400-190.К		400	547	0,113	1575	95	66,5	19
СКУ.ТГИ-16-500-200.К		500	731	0,093	2444	100	70	20
СКУ.ТГИ-16-600-200.К		600	668	0,080	3419			
СКУ.ТГИ-16-700-210.К		700	763	0,060	4363	105	73,5	21
СКУ.ТГИ-16-800-210.К		800	778	0,057	5745			
СКУ.ТГИ-16-900-210.К		900	845	0,045	7182			
СКУ.ТГИ-16-1000-220.К		1000	1010	0,040	8638	110	77	22
СКУ.ТГИ-25-50-70.К	2,5 (25)	50	673	0,350	68	35	24,5	7
СКУ.ТГИ-25-65-70.К		65	553	0,350	68	35	24,5	7
СКУ.ТГИ-25-80-70.К		80	519	0,300	89	35	24,5	7
СКУ.ТГИ-25-100-80.К		100	443	0,260	133	40	28	8
СКУ.ТГИ-25-125-90.К		125	508	0,220	190	45	31,5	9
СКУ.ТГИ-25-150-100.К		150	499	0,200	279	50	35	10
СКУ.ТГИ-25-200-140.К		200	548	0,115	452	70	49	14
СКУ.ТГИ-25-250-160.К		250	510	0,103	680	80	56	16
СКУ.ТГИ-25-300-180.К		300	546	0,087	960	90	63	18
СКУ.ТГИ-25-400-190.К		400	836	0,113	1575	95	66,5	19
СКУ.ТГИ-25-500-200.К		500	866	0,093	2444	100	70	20
СКУ.ТГИ-25-600-200.К		600	851	0,080	3419			
СКУ.ТГИ-25-700-210.К		700	1017	0,060	4363	105	73,5	21
СКУ.ТГИ-25-800-210.К		800	1043	0,057	5745			
СКУ.ТГИ-25-900-210.К		900	1166	0,045	7182			
СКУ.ТГИ-25-1000-220.К		1000	1183	0,040	8638	110	77	22

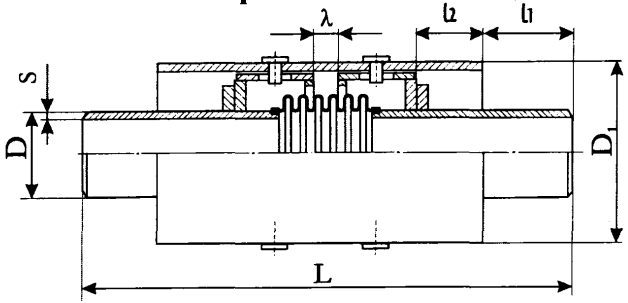
*) Полная компенсирующая способность СКУ составляет 2•λ.

Основные размеры сильфонных компенсационных устройств

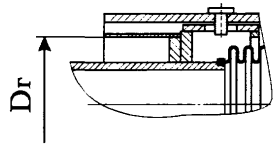
Таблица 18

Условное обозначение СКУ	PN, МПа (кгс/см²)	DN, мм	Размеры, мм						
			D	s	D_1	D_2	L_1	L_2	L
СКУ.ТГИ-16-125-90.К	1,6 (16)	125	133	4	225	325	150	185	1270
СКУ.ТГИ.С-16-125-90.К					250				
СКУ.ТГИ-16-150-100.К		150	159	4,5		377		190	1300
СКУ.ТГИ.С-16-150-100.К					280				
СКУ.ТГИ-16-200-140.К		200	219	6	315	426			1360
СКУ.ТГИ.С-16-200-140.К					355				
СКУ.ТГИ-16-250-160.К		250	273	7	400	530	210	195	1500
СКУ.ТГИ.С-16-250-160.К					450				
СКУ.ТГИ-16-300-180.К		300	325			630		200	1550
СКУ.ТГИ.С-16-300-180.К					500				
СКУ.ТГИ-16-400-190.К		400	426		560	720			1600
СКУ.ТГИ.С-16-400-190.К					630				
СКУ.ТГИ-16-500-200.К		500	530	8	710	820			1610
СКУ.ТГИ-16-600-200.К		600	630		800	1020		205	1670
СКУ.ТГИ-16-700-210.К		700	720		900	1020			1670
СКУ.ТГИ-16-800-210.К		800	820	9	1000	1220		210	1670
СКУ.ТГИ.С-16-800-210.К					1100				
СКУ.ТГИ-16-900-210.К		900	920	10		1420			1700
СКУ.ТГИ.С-16-900-210.К					1200				
СКУ.ТГИ-16-1000-220.К		1000	1020			1420		215	1700
СКУ.ТГИ-25-50-70.К	2,5 (25)	50	57	3,5	125	219	150	170	1190
СКУ.ТГИ.С-25-50-70.К					140				1150
СКУ.ТГИ-25-65-70.К		65	76						1150
СКУ.ТГИ.С-25-65-70.К					160				
СКУ.ТГИ-25-80-70.К		80	89			273		175	1200
СКУ.ТГИ.С-25-80-70.К					180				1170
СКУ.ТГИ-25-100-80.К		100	108	4		325		180	1260
СКУ.ТГИ.С-25-100-80.К					200				
СКУ.ТГИ-25-125-90.К		125	133		225			185	1270
СКУ.ТГИ.С-25-125-90.К					250				
СКУ.ТГИ-25-150-100.К		150	159	4,5		377		190	1300
СКУ.ТГИ.С-25-150-100.К					280				
СКУ.ТГИ-25-200-140.К		200	219	6	315	426			1360
СКУ.ТГИ.С-25-200-140.К					355				
СКУ.ТГИ-25-250-160.К		250	273	7	400	530	210	195	1500
СКУ.ТГИ.С-25-250-160.К					450				
СКУ.ТГИ-25-300-180.К		300	325			630		200	1550
СКУ.ТГИ.С-25-300-180.К					500				
СКУ.ТГИ-25-400-190.К		400	426		560	720			1600
СКУ.ТГИ.С-25-400-190.К					630				
СКУ.ТГИ-25-500-200.К		500	530	8	710	820			1610
СКУ.ТГИ-25-600-200.К		600	630		800	1020		205	1670
СКУ.ТГИ-25-700-210.К		700	720		900	1020			1670
СКУ.ТГИ-25-800-210.К		800	820	9	1000	1220		210	1670
СКУ.ТГИ.С-25-800-210.К					1100				
СКУ.ТГИ-25-900-210.К		900	920	10		1420			1700
СКУ.ТГИ.С-25-900-210.К					1200				
СКУ.ТГИ-25-1000-220.К		1000	1020			1420		215	1700

Сильфонные компенсационные устройства типа ППУ исполнений I и Iа



Исполнение I

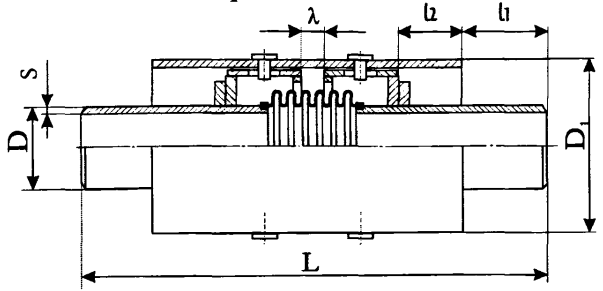


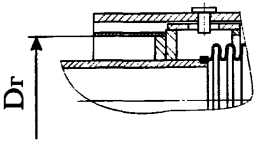
Исполнение Iа

Таблица 19

Условное обозначение СКУ	Условное давление, P_y, МПа (кгс/см²)	Условный диаметр, D_y, мм	Размеры, мм							Амплитуда осевого хода, ±λ, мм	Коэффициент местного сопротивления ξ	Жесткость осевого хода, C_λ, кгс/см	Эффективная площадь, $S_{эф}$, см²	Масса, кг
			D	s	D_1	$D_г$	L	l_1	l_2					
СКУ.ППУ.I-16-125-90	1,6 (16)	125	133	4	299	229	1241	300	150	45	0,220	244	190	76
СКУ.ППУ.I-16-150-100		150	159	4,5	325	255	1247			50	0,200	218	279	94
СКУ.ППУ.I-16-200-140		200	219	6	377	320	1473		210	70	0,115	291	452	171
СКУ.ППУ.I-16-250-160		250	273	7	480	405	1702	400	215	80	0,103	350	680	250
СКУ.ППУ.I-16-300-180		300	325		530	455	1731		220	90	0,087	321	960	308
СКУ.ППУ.I-16-400-190		400	426		630	566	1798		225	95	0,113	579	1575	349
СКУ.ППУ.I-16-500-200		500	530	8	820	716	1832			100	0,093	608	2444	640
СКУ.ППУ.I-16-600-200		600	630		920	806	1845				0,080	613	3419	673
СКУ.ППУ.I-16-700-210		700	720		1020	906	1888		230	105	0,060	698	4363	913
СКУ.ППУ.I-16-800-210		800	820		1120	1008	1896				0,057	637	5745	1038
СКУ.ППУ.I-16-900-210		900	920	10	1220	1108	1894				0,045	706	7182	1187
СКУ.ППУ.I-16-1000-220		1000	1020		1320	1208	1926			110	0,040	872	8638	1355

Сильфонные компенсационные устройства типа ППУ исполнений I и Iа





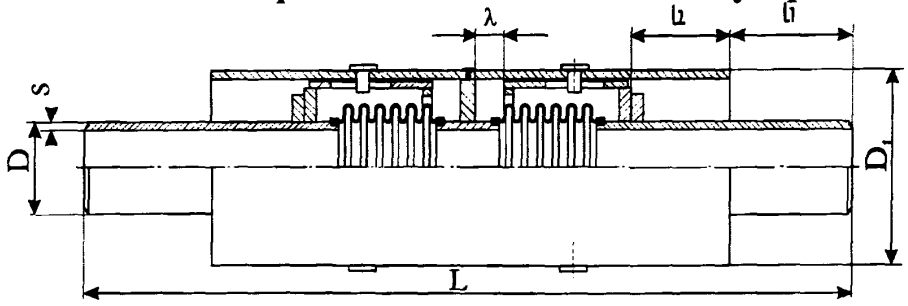
Исполнение Iа

Исполнение I

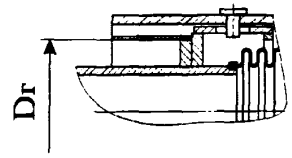
Продолжение таблицы 19

Условное обозначение СКУ	Условное давление, P_y, МПа (кгс/см²)	Условный диаметр, D_y, мм	Размеры, мм							Амплитуда осевого хода, ±λ, мм	Коэффициент местного сопротивления ξ	Жесткость осевого хода, C_λ, кгс/см	Эффективная площадь, $S_{эф}$, см²	Масса, кг
			D	s	D_1	$D_г$	L	l_1	l_2					
СКУ.ППУ.I-25-50-70	2,5 (25)	50	57	3,5	194	128	1199	300	145	35	0,350	322	68	37
СКУ.ППУ.IС-25-50-70					219	147	1199							48
СКУ.ППУ.I-25-65-70		65	76				1199			35	0,350	322	68	47
СКУ.ППУ.IС-25-65-70						163	1199							
СКУ.ППУ.I-25-80-70		80	89				1209			35	0,300	296	89	49
СКУ.ППУ.IС-25-80-70					245	184	1209							55
СКУ.ППУ.I-25-100-80		100	108	4			1220			40	0,260	259	133	59
СКУ.ППУ.IС-25-100-80					273	204	1220							71
СКУ.ППУ.I-25-125-90		125	133		299	229	1242		150	45	0,220	366	190	80
СКУ.ППУ.I-25-150-100		150	159	4,5	325	255	1256			50	0,200	326	279	96
СКУ.ППУ.I-25-200-140		200	219	6	377	320	1482		210	70	0,115	387	452	173
СКУ.ППУ.I-25-250-160		250	273	7	480	405	1711	400	215	80	0,103	350	680	253
СКУ.ППУ.I-25-300-180		300	325		530	455	1732		220	90	0,087	401	960	310
СКУ.ППУ.I-25-400-190		400	426		630	566	1808		225	95	0,113	723	1575	406
СКУ.ППУ.I-25-500-200		500	530	8	820	716	1842			100	0,093	743	2444	640
СКУ.ППУ.I-25-600-200		600	630		920	806	1863				0,080	736	3419	673
СКУ.ППУ.I-25-700-210		700	720		1020	906	1904		230	105	0,060	889	4363	913
СКУ.ППУ.I-25-800-210		800	820		1120	1008	1913				0,057	811	5745	1067
СКУ.ППУ.I-25-900-210		900	920	10	1220	1108	1909				0,045	1028	7182	1217
СКУ.ППУ.I-25-1000-220		1000	1020		1320	1208	1942			110	0,040	1045	8638	1399

Сильфонные компенсационные устройства типа ППУ исполнений I и Iа



Исполнение I

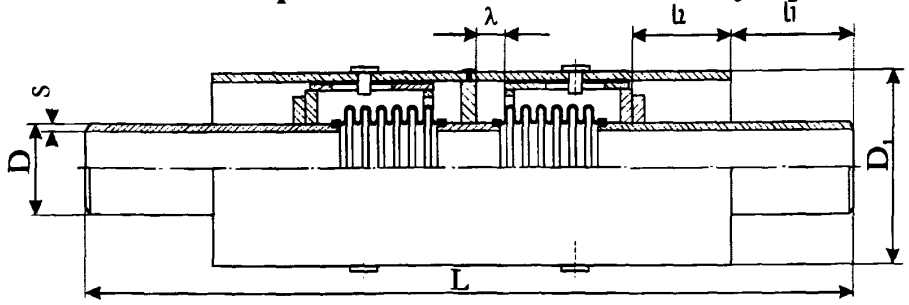


Исполнение Iа

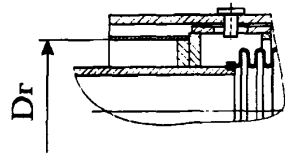
Продолжение таблицы 19

Условное обозначение СКУ	Условное давление, P_y, МПа (кгс/см^2)	Условный диаметр, D_y, мм	Размеры, мм							Амплитуда осевого хода, ±λ, мм	Коэффициент местного сопротивления ξ	Жесткость осевого хода, C_λ, кгс/см	Эффективная площадь, $S_{эф}$, см^2	Масса, кг
			D	s	D_1	$D_г$	L	l_1	l_2					
2СКУ.ППУ.I-16-125-180	1,6 (16)	125	133	4	299	229	1602	300	150	90	0,220	122	190	113
2СКУ.ППУ.I-16-150-200		150	159	4,5	325	255	1624			100	0,200	109	279	140
2СКУ.ППУ.I-16-200-280		200	219	6	377	320	1966		210	140	0,115	146	452	247
2СКУ.ППУ.I-16-250-320		250	273	7	480	405	2224	400	215	160	0,103	175	680	359
2СКУ.ППУ.I-16-300-360		300	325		530	455	2282		220	180	0,087	161	960	435
2СКУ.ППУ.I-16-400-380		400	426		630	566	2406		225	190	0,113	290	1575	605
2СКУ.ППУ.I-16-500-400		500	530	8	820	716	2484			200	0,093	304	2444	863
2СКУ.ППУ.I-16-600-400		600	630		920	806	2510				0,080	307	3419	1048
2СКУ.ППУ.I-16-700-420		700	720		1020	906	2566		230	210	0,060	349	4363	1408
2СКУ.ППУ.I-16-800-420		800	820		1120	1008	2602				0,057	319	5745	1607
2СКУ.ППУ.I-16-900-420		900	920	10	1220	1108	2588				0,045	353	7182	1887
2СКУ.ППУ.I-16-1000-440		1000	1020		1320	1208	2662			220	0,040	436	8638	2235

Сильфонные компенсационные устройства типа ППУ исполнений I и Iа



Исполнение I



Исполнение Iа

Продолжение таблицы 19

Условное обозначение СКУ	Условное давление, P_y, МПа (кгс/см²)	Условный диаметр, D_y, мм	Размеры, мм							Амплитуда осевого хода, ±λ, мм	Коэффициент местного сопротивления ξ	Жесткость осевого хода, C_λ, кгс/см	Эффективная площадь, $S_{эф}$, см²	Масса, кг
			D	s	D_1	$D_г$	L	l_1	l_2					
2СКУ.ППУ.I-25-50-140	2,5 (25)	50	57	3,5	194	128	1518	300	145	70	0,350	161	68	51
2СКУ.ППУ.IС-25-50-140					219	147								70
2СКУ.ППУ.I-25-65-140		65	76							70	0,350	161	68	
2СКУ.ППУ.IС-25-65-140						163								
2СКУ.ППУ.I-25-80-140		80	89				1538			70	0,300	148	89	73
2СКУ.ППУ.IС-25-80-140					245	184								85
2СКУ.ППУ.I-25-100-160		100	108	4			1570			80	0,260	130	133	92
2СКУ.ППУ.IС-25-100-160					273	204								110
2СКУ.ППУ.I-25-125-180		125	133		299	229	1604		150	90	0,220	183	190	119
2СКУ.ППУ.I-25-150-200		150	159	4,5	325	255	1642			100	0,200	163	279	149
2СКУ.ППУ.I-25-200-280		200	219	6	377	320	1984		210	140	0,115	194	452	253
2СКУ.ППУ.I-25-250-320		250	273	7	480	405	2242	400	215	160	0,103	175	680	372
2СКУ.ППУ.I-25-300-360		300	325		530	455	2284		220	180	0,087	201	960	446
2СКУ.ППУ.I-25-400-380		400	426		630	566	2426		225	190	0,113	362	1575	623
2СКУ.ППУ.I-25-500-400		500	530	8	820	716	2504			200	0,093	372	2444	881
2СКУ.ППУ.I-25-600-400		600	630		920	806	2546				0,080	368	3419	1075
2СКУ.ППУ.I-25-700-420		700	720		1020	906	2598		230	210	0,060	445	4363	1448
2СКУ.ППУ.I-25-800-420		800	820		1120	1008	2636				0,057	406	5745	1637
2СКУ.ППУ.I-25-900-420		900	920	10	1220	1108	2618				0,045	514	7182	1981
2СКУ.ППУ.I-25-1000-440		1000	1020		1320	1208	2694			220	0,040	523	8638	2417

Сильфонные компенсационные устройства типа АПБ исполнения I

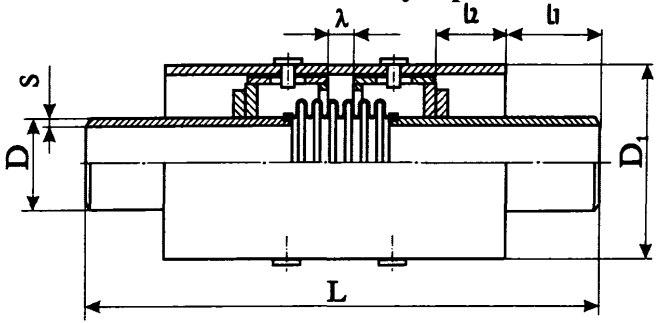
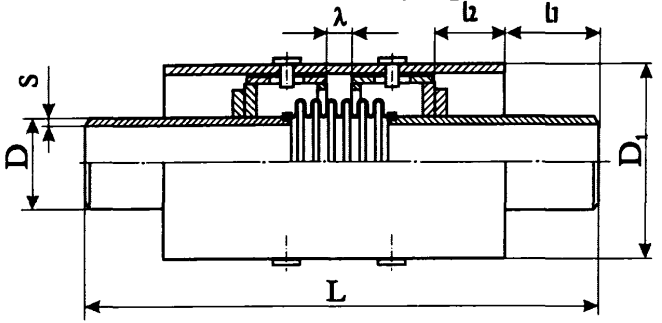


Таблица 20

Условное обозначение СКУ	Условное давление, P_y, МПа (кгс/см^2)	Условный диаметр, D_y, мм	Размеры, мм						Амплитуда осевого хода, ±λ, мм	Коэффициент местного сопротивления ξ	Жесткость осевого хода, C_λ, кгс/см	Эффективная площадь, $S_{эф}$, см^2	Масса, кг
			D	s	D_1	L	l_1	l_2					
СКУ.АПБ.I-16-125-90	1,6 (16)	125	133	4	377	1241	300	150	45	0,220	244	190	120
СКУ.АПБ.I-16-150-100		150	159	4,5		1247			50	0,200	218	279	128
СКУ.АПБ.I-16-200-140		200	219	6	480	1473	400	210	70	0,115	291	452	372
СКУ.АПБ.I-16-250-160		250	273	7	530	1702		215	80	0,103	350	680	472
СКУ.АПБ.I-16-300-180		300	325		580	1731		220	90	0,087	321	960	509
СКУ.АПБ.I-16-350-180		350	377		630	1764				0,129	400	1269	549
СКУ.АПБ.I-16-400-190		400	426		680	1798		225	95	0,113	579	1575	621
СКУ.АПБ.I-16-500-200		500	530	8	780	1832			100	0,093	608	2444	722
СКУ.АПБ.I-16-600-200		600	630		880	1845				0,080	613	3419	919
СКУ.АПБ.I-16-700-210		700	720		970	1888		230	105	0,060	698	4363	1019
СКУ.АПБ.I-16-800-210		800	820		1070	1896				0,057	637	5745	1126
СКУ.АПБ.I-16-900-210		900	920	10	1170	1894				0,045	706	7182	1315
СКУ.АПБ.I-16-1000-220		1000	1020		1270	1926			110	0,040	872	8638	1517
СКУ.АПБ.I-16-1200-220		1200	1220	14	1470	1942					1044	12246	2210
СКУ.АПБ.I-16-1400-220		1400	1420		1670	1948					1295	16600	2732

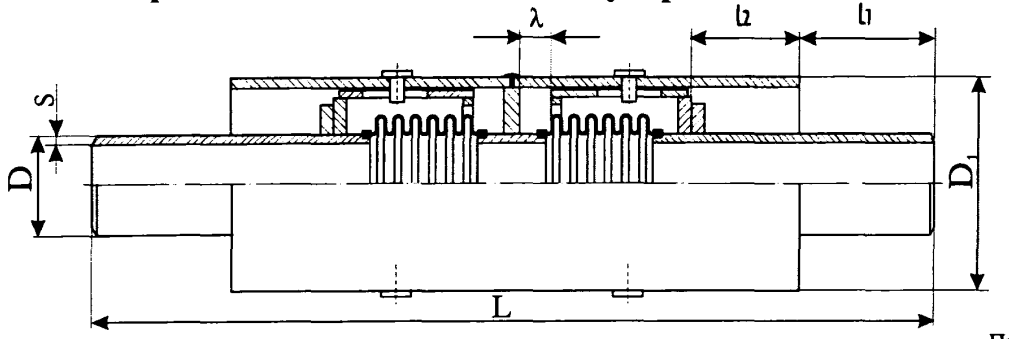
Сильфонные компенсационные устройства типа АПБ исполнения I



Продолжение таблицы 20

Условное обозначение СКУ	Условное давление, P_y, МПа (кгс/см^2)	Условный диаметр, D_y, мм	Размеры, мм						Амплитуда осевого хода, ±λ, мм	Коэффициент местного сопротивления ξ	Жесткость осевого хода, C_λ, кгс/см	Эффективная площадь, $S_{эф}$, см^2	Масса, кг
			D	s	D_1	L	l_1	l_2					
СКУ.АПБ.I-25-50-70	2,5 (25)	50	57	3,5	273	1199	300	145	35	0,350	322	68	101
СКУ.АПБ.I-25-65-70		65	76										104
СКУ.АПБ.I-25-80-70		80	89		325	1209				0,300	296	89	121
СКУ.АПБ.I-25-100-80		100	108	4		1220			40	0,260	259	133	131
СКУ.АПБ.I-25-125-90		125	133		377	1242		150	45	0,220	366	190	140
СКУ.АПБ.I-25-150-100		150	159	4,5		1256			50	0,200	326	279	147
СКУ.АПБ.I-25-200-140		200	219	6	480	1482	400	210	70	0,115	387	452	414
СКУ.АПБ.I-25-250-160		250	273	7	530	1711		215	80	0,103	350	680	483
СКУ.АПБ.I-25-300-180		300	325		580	1732		220	90	0,087	401	960	560
СКУ.АПБ.I-25-350-180		350	377		630	1776				0,129	560	1269	638
СКУ.АПБ.I-25-400-190		400	426		680	1808		225	95	0,113	723	1575	699
СКУ.АПБ.I-25-500-200		500	530	8	780	1842			100	0,093	743	2444	807
СКУ.АПБ.I-25-600-200		600	630		880	1863				0,080	736	3419	1023
СКУ.АПБ.I-25-700-210		700	720		970	1904		230	105	0,060	889	4363	1105
СКУ.АПБ.I-25-800-210		800	820		1070	1913				0,057	811	5745	1314
СКУ.АПБ.I-25-900-210		900	920	10	1170	1909				0,045	1028	7182	1558
СКУ.АПБ.I-25-1000-220		1000	1020		1270	1942			110	0,040	1045	8638	1825
СКУ.АПБ.I-25-1200-220		1200	1220	14	1470	1960					1251	12246	2587
СКУ.АПБ.I-25-1400-220		1400	1420		1670	1968					1616	16600	3184

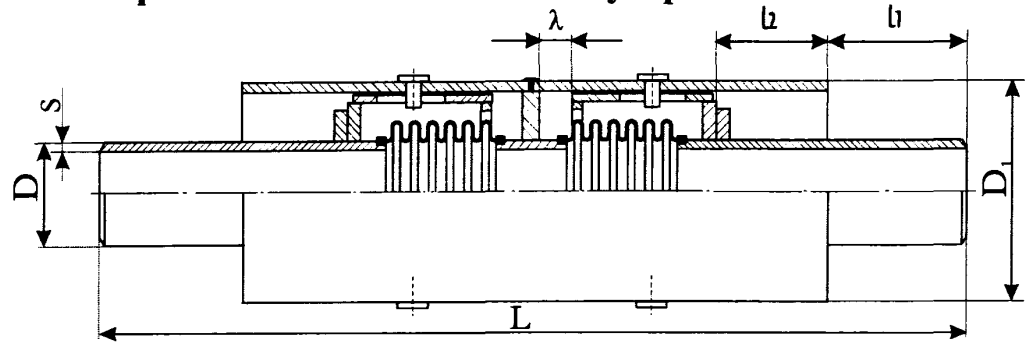
Сильфонные компенсационные устройства типа АПБ исполнения I



Продолжение таблицы 20

Условное обозначение СКУ	Условное давление, P_y, МПа (кгс/см^2)	Условный диаметр, D_y, мм	Размеры, мм						Амплитуда осевого хода, ±λ, мм	Коэффициент местного сопротивления ξ	Жесткость осевого хода, C_λ, кгс/см	Эффективная площадь, $S_{эф}$, см^2	Масса, кг
			D	s	D_1	L	l_1	l_2					
2СКУ.АПБ.I-16-125-180	1,6 (16)	125	133	4	377	1602	150	100	90	0,220	122	190	178
2СКУ.АПБ.I-16-150-200		150	159	4,5		1624		105	100	0,200	109	279	190
2СКУ.АПБ.I-16-200-280		200	219	6	480	1966	200	135	140	0,115	146	452	537
2СКУ.АПБ.I-16-250-320		250	273	7	530	2224		150	160	0,103	175	680	678
2СКУ.АПБ.I-16-300-360		300	325		580	2282		165	180	0,087	161	960	719
2СКУ.АПБ.I-16-350-360		350	377		630	2344		170		0,129	200	1269	779
2СКУ.АПБ.I-16-400-380		400	426		680	2406		175	190	0,113	140	1575	1077
2СКУ.АПБ.I-16-500-400		500	530	8	780	2484		180	200	0,093	304	2444	974
2СКУ.АПБ.I-16-600-400		600	630		880	2510	250			0,080	307	3419	1432
2СКУ.АПБ.I-16-700-420		700	720		970	2566			210	0,060	349	4363	1572
2СКУ.АПБ.I-16-800-420		800	820		1070	2602		190		0,057	318	5745	1743
2СКУ.АПБ.I-16-900-420		900	920	10	1170	2588				0,045	353	7182	2091
2СКУ.АПБ.I-16-1000-440		1000	1020		1270	2662		200	220	0,040	436	8638	2501

Сильфонные компенсационные устройства типа АПБ исполнения I



Продолжение таблицы 20

Условное обозначение СКУ	Условное давление, P_y, МПа (кгс/см^2)	Условный диаметр, D_y, мм	Размеры, мм						Амплитуда осевого хода, ±λ, мм	Коэффициент местного сопротивления ξ	Жесткость осевого хода, C_λ, кгс/см	Эффективная площадь, $S_{эф}$, см^2	Масса, кг
			D	s	D_1	L	l_1	l_2					
2СКУ.АПБ.I-25-50-140	2,5 (25)	50	57	3,5	273	1068	150	85	70	0,350	161	68	152
2СКУ.АПБ.I-25-65-140		65	76			1068							156
2СКУ.АПБ.I-25-80-140		80	89		325	1088				0,300	148	89	182
2СКУ.АПБ.I-25-100-160		100	108	4		1120		90	80	0,260	130	133	197
2СКУ.АПБ.I-25-125-180		125	133		377	1604		100	90	0,220	183	190	208
2СКУ.АПБ.I-25-150-200		150	159	4,5		1642		105	100	0,200	163	279	219
2СКУ.АПБ.I-25-200-280		200	219	6	480	1984	200	135	140	0,115	194	452	598
2СКУ.АПБ.I-25-250-320		250	273	7	530	2242		150	160	0,103	175	680	694
2СКУ.АПБ.I-25-300-360		300	325		580	2284		165	180	0,087	201	960	791
2СКУ.АПБ.I-25-350-360		350	377		630	2380		170		0,129	280	1269	906
2СКУ.АПБ.I-25-400-380		400	426		680	2426		175	190	0,113	362	1575	1212
2СКУ.АПБ.I-25-500-400		500	530	8	780	2504		180	200	0,093	372	2444	1088
2СКУ.АПБ.I-25-600-400		600	630		880	2546	250			0,080	368	3419	1593
2СКУ.АПБ.I-25-700-420		700	720		970	2598			210	0,060	445	4363	1704
2СКУ.АПБ.I-25-800-420		800	820		1070	2636		190		0,057	406	5745	2034
2СКУ.АПБ.I-25-900-420		900	920	10	1170	2618				0,045	514	7182	2477
2СКУ.АПБ.I-25-1000-440		1000	1020		1270	2694		200	220	0,040	523	8638	3010

Сильфонные компенсационные устройства типа ППМ

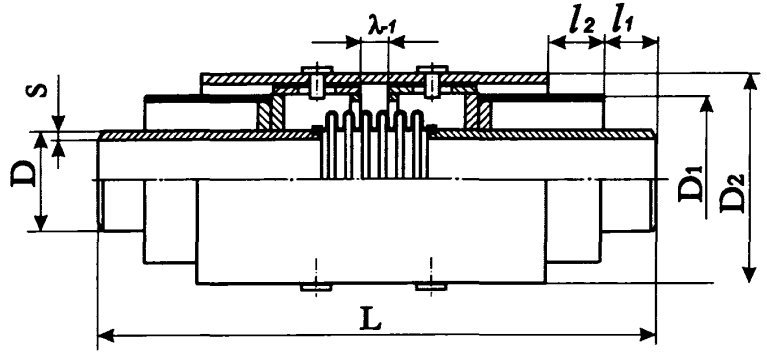
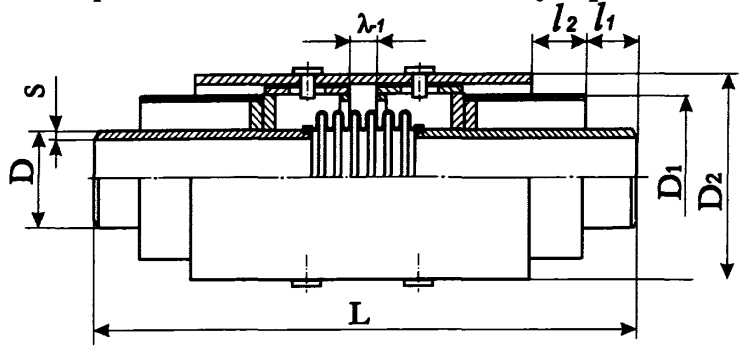


Таблица 21

Условное обозначение СКУ	Условное давление, P_y, МПа (кгс/см^2)	Условный диаметр, D_y, мм	Размеры, мм							Амплитуда осевого хода, ±λ, мм	Коэффициент местного сопротивления ξ	Жесткость осевого хода, C_λ, кгс/см	Эффективная площадь, $S_{эф}$, см^2
			D	s	D_1	D_2	L	l_1	l_2				
СКУ.ППМ.I-16-125-90	1,6 (16)	125	133	4	257	325	1220	150	120	45	0,220	244	190
СКУ.ППМ.I-16-150-100		150	159	4,5	257	325	1230			50	0,200	218	279
СКУ.ППМ.I-16-200-140		200	219	6	309	377	1410		130	70	0,115	291	452
СКУ.ППМ.I-16-250-160		250	273	7	359	426	1650	210	140	80	0,103	350	680
СКУ.ППМ.I-16-300-180		300	325		412	480	1680			90	0,087	321	960
СКУ.ППМ.I-16-400-190		400	426		517	580	1720		150	95	0,113	579	1575
СКУ.ППМ.I-16-500-200		500	530	8	616	720	1750			100	0,093	608	2444
СКУ.ППМ.I-16-600-200		600	630		750	820	1780				0,080	613	3419
СКУ.ППМ.I-16-700-210		700	720		860	920	1810		160	105	0,060	698	4363
СКУ.ППМ.I-16-800-210		800	820		960	1020	1820				0,057	637	5745
СКУ.ППМ.I-16-900-210		900	920	10	1060	1120	1830				0,045	706	7182
СКУ.ППМ.I-16-1000-220		1000	1020		1160	1220	1850			110	0,040	872	8638

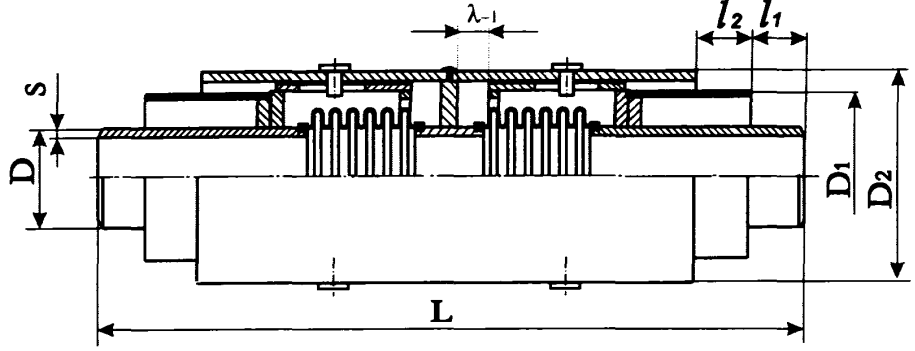
Сильфонные компенсационные устройства типа ППМ



Продолжение таблицы 21

Условное обозначение СКУ	Условное давление, P_y, МПа (кгс/см^2)	Условный диаметр, D_y, мм	Размеры, мм							Амплитуда осевого хода, ±λ, мм	Коэффициент местного сопротивления ξ	Жесткость осевого хода, C_λ, кгс/см	Эффективная площадь, $S_{эф}$, см^2
			D	s	D_1	D_2	L	l_1	l_2				
СКУ.ППМ.I-25-50-70	2,5 (25)	50	57	3,5	150	219	1180	150	120	35	0,350	322	68
СКУ.ППМ.I-25-65-70		65	76		150	219	1180			35	0,350	322	68
СКУ.ППМ.I-25-80-70		80	89		180	273	1200			35	0,300	296	89
СКУ.ППМ.I-25-100-80		100	108	4	205	273	1210			40	0,260	259	133
СКУ.ППМ.I-25-125-90		125	133		257	325	1220			45	0,220	366	190
СКУ.ППМ.I-25-150-100		150	159	4,5	257	325	1230			50	0,200	326	279
СКУ.ППМ.I-25-200-140		200	219	6	309	377	1410		130	70	0,115	387	452
СКУ.ППМ.I-25-250-160		250	273	7	359	426	1650	210	140	80	0,103	350	680
СКУ.ППМ.I-25-300-180		300	325		412	480	1680			90	0,087	401	960
СКУ.ППМ.I-25-400-190		400	426		517	580	1720		150	95	0,113	723	1575
СКУ.ППМ.I-25-500-200		500	530	8	616	720	1750			100	0,093	743	2444
СКУ.ППМ.I-25-600-200		600	630		750	820	1780				0,080	736	3419
СКУ.ППМ.I-25-700-210		700	720		860	920	1810		160	105	0,060	889	4363
СКУ.ППМ.I-25-800-210		800	820		960	1020	1820				0,057	811	5745
СКУ.ППМ.I-25-900-210		900	920	10	1060	1120	1830				0,045	1028	7182
СКУ.ППМ.I-25-1000-220		1000	1020		1160	1220	1850			110	0,040	1045	8638

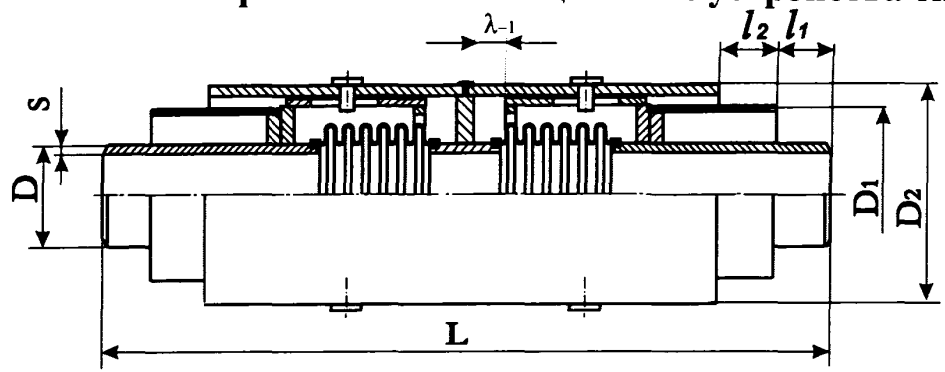
Сильфонные компенсационные устройства типа ППМ



Продолжение таблицы 21

Условное обозначение СКУ	Условное давление, P_y, МПа (кгс/см^2)	Условный диаметр, D_y, мм	Размеры, мм							Амплитуда осевого хода, ±λ, мм	Коэффициент местного сопротивления ξ	Жесткость осевого хода, C_λ, кгс/см	Эффективная площадь, $S_{эф}$, см^2
			D	s	D_1	D_2	L	l_1	l_2				
2СКУ.ППМ.I-16-125-180	1,6 (16)	125	133	4	257	325	1600	150	150	90	0,220	122	190
2СКУ.ППМ.I-16-150-200		150	159	4,5	257	325	1610			100	0,200	109	279
2СКУ.ППМ.I-16-200-280		200	219	6	309	377	1820		210	140	0,115	146	452
2СКУ.ППМ.I-16-250-320		250	273	7	359	426	2020	210	215	160	0,103	175	680
2СКУ.ППМ.I-16-300-360		300	325		412	480	2130		220	180	0,087	161	960
2СКУ.ППМ.I-16-400-380		400	426		517	580	2220		225	190	0,113	290	1575
2СКУ.ППМ.I-16-500-400		500	530	8	616	720	2240			200	0,093	304	2444
2СКУ.ППМ.I-16-600-400		600	630		750	820	2280				0,080	307	3419
2СКУ.ППМ.I-16-700-420		700	720		860	920	2350		230	210	0,060	349	4363
2СКУ.ППМ.I-16-800-420		800	820		960	1020	2380				0,057	319	5745
2СКУ.ППМ.I-16-900-420		900	920	10	1060	1120	2390				0,045	353	7182
2СКУ.ППМ.I-16-1000-440		1000	1020		1160	1220	2410			220	0,040	436	8638

Сильфонные компенсационные устройства типа ППМ



Продолжение таблицы 21

Условное обозначение СКУ	Условное давление, P_y, МПа (кгс/см^2)	Условный диаметр, D_y, мм	Размеры, мм							Амплитуда осевого хода, ±λ, мм	Коэффициент местного сопротивления ξ	Жесткость осевого хода, C_λ, кгс/см	Эффективная площадь, $S_{эф}$, см^2
			D	s	D_1	D_2	L	l_1	l_2				
2СКУ.ППМ.I-25-50-140	2,5 (25)	50	57	3,5	150	219	1560	150	145	70	0,350	161	68
2СКУ.ППМ.I-25-65-140		65	76		150	219				70	0,350	161	68
2СКУ.ППМ.I-25-80-140		80	89		180	273	1570			70	0,300	148	89
2СКУ.ППМ.I-25-100-160		100	108	4	205	273	1580			80	0,260	130	133
2СКУ.ППМ.I-25-125-180		125	133		257	325	1600		150	90	0,220	183	190
2СКУ.ППМ.I-25-150-200		150	159	4,5	257	325	1610			100	0,200	163	279
2СКУ.ППМ.I-25-200-280		200	219	6	309	377	1820		210	140	0,115	194	452
2СКУ.ППМ.I-25-250-320		250	273	7	359	426	2020	210	215	160	0,103	175	680
2СКУ.ППМ.I-25-300-360		300	325		412	480	2130		220	180	0,087	201	960
2СКУ.ППМ.I-25-400-380		400	426		517	580	2220		225	190	0,113	362	1575
2СКУ.ППМ.I-25-500-400		500	530	8	616	720	2240			200	0,093	372	2444
2СКУ.ППМ.I-25-600-400		600	630		750	820	2280				0,080	368	3419
2СКУ.ППМ.I-25-700-420		700	720		860	920	2350		230	210	0,060	445	4363
2СКУ.ППМ.I-25-800-420		800	820		960	1020	2380				0,057	406	5745
2СКУ.ППМ.I-25-900-420		900	920	10	1060	1120	2390				0,045	514	7182
2СКУ.ППМ.I-25-1000-440		1000	1020		1160	1220	2410			220	0,040	523	8638

Сильфонные компенсационные устройства типа М

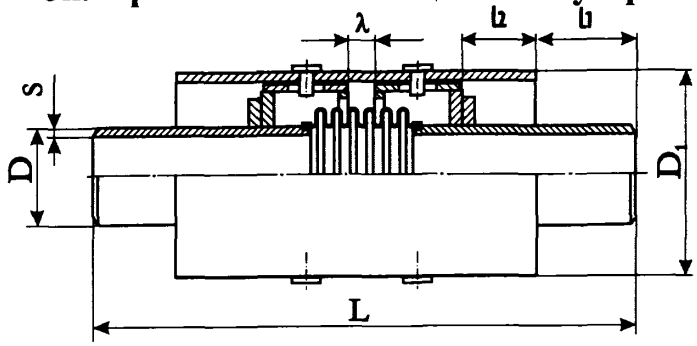
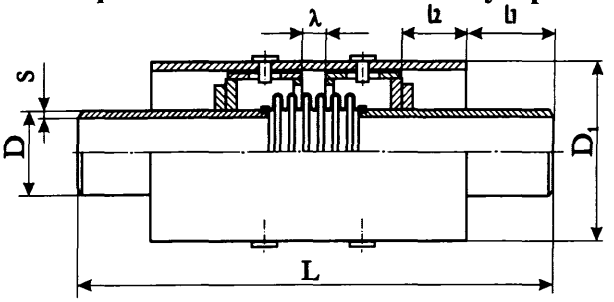


Таблица 22

Условное обозначение СКУ	Условное давление, P_y, МПа (кгс/см^2)	Условный диаметр, D_y, мм	Размеры, мм						Амплитуда осевого хода, ±λ, мм	Коэффициент местного сопротивления ξ	Жесткость осевого хода, C_λ, кгс/см	Эффективная площадь, $S_{эф}$, см^2	Масса, кг
			D	s	D_1	L	l_1	l_2					
СКУ. М.I-16-125-90	1,6 (16)	125	133	4	273	691	150	25	45	0,220	244	190	47
СКУ. М.I-16-150-100		150	159	4,5		707		30	50	0,200	218	279	55
СКУ. М.I-16-200-140		200	219	6	325	833		40	70	0,115	291	452	106
СКУ. М.I-16-250-160		250	273	7	426	862		45	80	0,103	350	680	193
СКУ. М.I-16-300-180		300	325		530	891		50	90	0,087	321	960	214
СКУ. М.I-16-350-180		350	377			900				0,129	400	1269	202
СКУ. М.I-16-400-190		400	426		630	958			95	0,113	579	1575	265
СКУ. М.I-16-500-200		500	530	8	720	1009		55	100	0,093	608	2444	362
СКУ. М.I-16-600-200		600	630		820	1005				0,080	613	3419	434
СКУ. М.I-16-700-210		700	720		920	1028		60	105	0,060	698	4363	542
СКУ. М.I-16-800-210		800	820		1020	1056				0,057	637	5745	620
СКУ. М.I-16-900-210		900	920	10	1120	1054				0,045	706	7182	733
СКУ. М.I-16-1000-220		1000	1020		1220	1086			110	0,040	872	8638	971
СКУ. М.I-16-1200-220		1200	1220	14	1420	1092					1044	12246	1410
СКУ. М.I-16-1400-220		1400	1420		1620	1098					1295	16600	1820

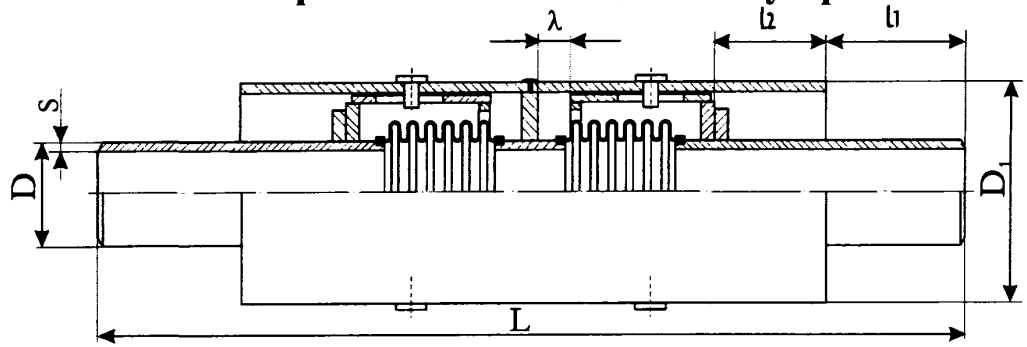
Сильфонные компенсационные устройства типа М



Продолжение таблицы 22

Условное обозначение СКУ	Условное давление, P_y, МПа (кгс/см^2)	Условный диаметр, D_y, мм	Размеры, мм						Амплитуда осевого хода, ±λ, мм	Коэффициент местного сопротивления ξ	Жесткость осевого хода, C_λ, кгс/см	Эффективная площадь, $S_{эф}$, см^2	Масса, кг
			D	s	D_1	L	l_1	l_2					
СКУ.М.I-25-50-70	2,5 (25)	50	57	3,5	159	589	120	20	35	0,350	322	68	21
СКУ.М.I-25-65-70		65	76			589							22
СКУ.М.I-25-80-70		80	89		219	599				0,300	296	89	25
СКУ.М.I-25-100-80		100	108	4		680	150	25	40	0,260	259	133	35
СКУ.М.I-25-125-90		125	133		273	692		30	45	0,220	366	190	48
СКУ.М.I-25-150-100		150	159	4,5		716		40	50	0,200	326	279	54
СКУ.М.I-25-200-140		200	219	6	325	842		45	70	0,115	387	452	95
СКУ.М.I-25-250-160		250	273	7	426	871		50	80	0,103	350	680	162
СКУ.М.I-25-300-180		300	325		530	892			90	0,087	401	960	215
СКУ.М.I-25-350-180		350	377			918		55		0,129	560	1269	219
СКУ.М.I-25-400-190		400	426		630	968			95	0,113	723	1575	258
СКУ.М.I-25-500-200		500	530	8	720	1002			100	0,093	743	2444	376
СКУ.М.I-25-600-200		600	630		820	1023				0,080	736	3419	474
СКУ.М.I-25-700-210		700	720		920	1044		60	105	0,060	889	4363	551
СКУ.М.I-25-800-210		800	820		1020	1073				0,057	811	5745	662
СКУ.М.I-25-900-210		900	920	10	1120	1069				0,045	1028	7182	803
СКУ.М.I-25-1000-220		1000	1020		1220	1102			110	0,040	1045	8638	989
СКУ.М.I-25-1200-220		1200	1220	14	1420	1110					1251	12246	1417
СКУ.М.I-25-1400-220		1400	1420		1620	1118					1616	16600	1836

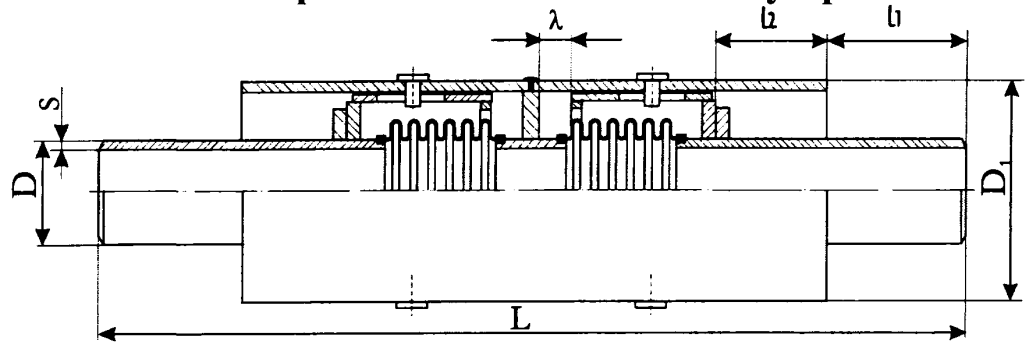
Сильфонные компенсационные устройства типа М



Продолжение таблицы 22

Условное обозначение СКУ	Условное давление, P_y, МПа (кгс/см^2)	Условный диаметр, D_y, мм	Размеры, мм						Амплитуда осевого хода, ±λ, мм	Коэффициент местного сопротивления ξ	Жесткость осевого хода, C_λ, кгс/см	Эффективная площадь, $S_{эф}$, см^2	Масса, кг
			D	s	D_1	L	l_1	l_2					
2СКУ.М.I-16-125-180	1,6 (16)	125	133	4	273	1062	150	50	90	0,220	122	190	73
2СКУ.М.I-16-150-200		150	159	4,5		1084		55	100	0,200	109	279	85
2СКУ.М.I-16-200-280		200	219	6	325	1326		75	140	0,115	146	452	162
2СКУ.М.I-16-250-320		250	273	7	426	1384		85	160	0,103	175	680	294
2СКУ.М.I-16-300-360		300	325		530	1492	175	95	180	0,087	161	960	353
2СКУ.М.I-16-350-360		350	377			1510				0,129	200	1269	337
2СКУ.М.I-16-400-380		400	426		630	1616		100	190	0,113	140	1575	448
2СКУ.М.I-16-500-400		500	530	8	720	1694		105	200	0,093	304	2444	619
2СКУ.М.I-16-600-400		600	630		820	1720				0,080	307	3419	747
2СКУ.М.I-16-700-420		700	720		920	1806	200	110	210	0,060	349	4363	938
2СКУ.М.I-16-800-420		800	820		1020	1862				0,057	318	5745	1085
2СКУ.М.I-16-900-420		900	920	10	1120	1848				0,045	353	7182	1283
2СКУ.М.I-16-1000-440		1000	1020		1220	1922		115	220	0,040	436	8638	1690
2СКУ.М.I-16-1200-440		1200	1220	14	1420	1978				0,040	522	12246	2110

Сильфонные компенсационные устройства типа М



Продолжение таблицы 22

Условное обозначение СКУ	Условное давление, P_y, МПа (кгс/см^2)	Условный диаметр, D_y, мм	Размеры, мм						Амплитуда осевого хода, ±λ, мм	Коэффициент местного сопротивления ξ	Жесткость осевого хода, C_λ, кгс/см	Эффективная площадь, $S_{эф}$, см^2	Масса, кг
			D	s	D_1	L	l_1	l_2					
2СКУ.М.I-25-50-140	2,5 (25)	50	57	3,5	159	918	120	40	70	0,350	161	68	36
2СКУ.М.I-25-65-140		65	76			918							36
2СКУ.М.I-25-80-140		80	89		219	938				0,300	148	89	40
2СКУ.М.I-25-100-160		100	108	4		1030	150	45	80	0,260	130	133	56
2СКУ.М.I-25-125-180		125	133		273	1064		50	90	0,220	183	190	75
2СКУ.М.I-25-150-200		150	159	4,5		1102		55	100	0,200	163	279	87
2СКУ.М.I-25-200-280		200	219	6	325	1344	175	75	140	0,115	194	452	165
2СКУ.М.I-25-250-320		250	273	7	426	1402		85	160	0,103	175	680	298
2СКУ.М.I-25-300-360		300	325		530	1496		95	180	0,087	201	960	330
2СКУ.М.I-25-350-360		350	377			1546				0,129	280	1269	350
2СКУ.М.I-25-400-380		400	426		630	1636		100	190	0,113	362	1575	561
2СКУ.М.I-25-500-400		500	530	8	720	1714		105	200	0,093	372	2444	650
2СКУ.М.I-25-600-400		600	630		820	1756	200			0,080	368	3419	790
2СКУ.М.I-25-700-420		700	720		920	1838		110	210	0,060	445	4363	1071
2СКУ.М.I-25-800-420		800	820		1020	1896				0,057	406	5745	1172
2СКУ.М.I-25-900-420		900	920	10	1120	1878				0,045	514	7182	1340
2СКУ.М.I-25-1000-440		1000	1020		1220	1954		115	220	0,040	523	8638	1780
2СКУ.М.I-25-1200-440		1200	1220	14	1420	2010				0,040	626	12246	2221

Сильфонные компенсационные устройства типа АПБ исполнения II

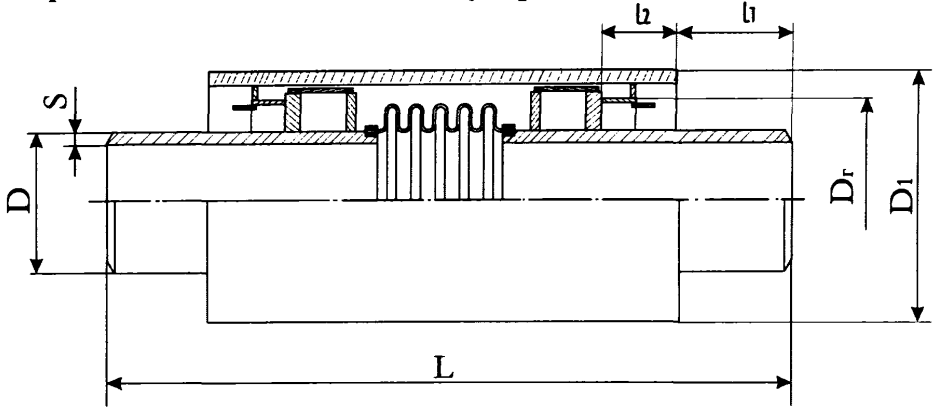


Таблица 23

Условное обозначение СКУ	Условное давление, P_y, МПа (кгс/см^2)	Условный диаметр, D_y, мм	Размеры, мм							Амплитуда осевого хода, ±λ, мм	Коэффициент местного сопротивления ξ	Жесткость осевого хода, C_λ, кгс/см	Эффективная площадь, $S_{эф}$, см^2	Масса, кг
			D	s	D_1	$D_г$	L	l_1	l_2					
СКУ.АПБ.II-16-100-80	1,6 (16)	100	108	4	219	161	1158	150	150	40	0,260	259	133	46
СКУ.АПБ.II-16-125-90		125	133			161	1169			45	0,220	244	190	50
СКУ.АПБ.II-16-150-100		150	159	4,5	273	215	1175			50	0,200	218	279	72
СКУ.АПБ.II-16-200-140		200	219	6	325	261	1541		200	70	0,115	291	452	130
СКУ.АПБ.II-16-250-160		250	273	7	377	313	1560		240	80	0,103	350	680	165
СКУ.АПБ.II-16-300-180		300	325		426	362	1579			90	0,087	321	960	204
СКУ.АПБ.II-16-350-180		350	377		530	464	1608				0,129	400	1269	274
СКУ.АПБ.II-16-400-190		400	426			464	1636		250	95	0,113	579	1575	288
СКУ.АПБ.II-16-500-200		500	530	8	630	564	1650			100	0,093	608	2444	364
СКУ.АПБ.II-16-600-200		600	630		820	756	1663				0,080	613	3419	513
СКУ.АПБ.II-16-700-210		700	720		920	850	1662			105	0,060	698	4363	671
СКУ.АПБ.II-16-800-210		800	820		1020	950	1754				0,057	637	5745	765
СКУ.АПБ.II-16-900-210		900	920	10	1220	1050	1732				0,045	706	7182	967
СКУ.АПБ.II-16-1000-220		1000	1020			1146	1754			110	0,040	872	8638	1099
СКУ.АПБ.II-16-1200-220		1200	1220	12	1420	1346					0,040	1044	16600	1473

Стартовые сильфонные компенсаторы

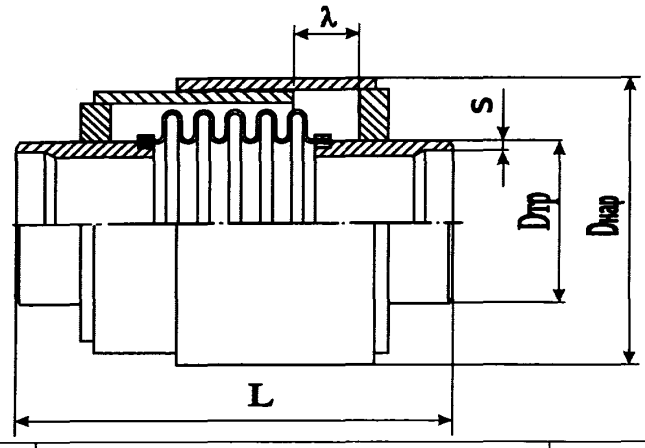


Таблица 24

Условное обозначение ССК	Условное давление, P_y, МПа (кгс/см^2)	Условный диаметр, D_y, мм	Размеры, мм					Осевой ход, (сжатие), λ, мм	Осевое усилие, кгс	Жесткость осевого хода, C_λ, кгс/см	Эффективная площадь, $S_{эф}$, см^2	Масса, кг
			Dтр	S	Dнар	L	Катет сварного шва, мм					
ССК-25-80-80	2,5 (25)	80	89	5	132	350	11	80	11184	29,0	64	9
ССК-25-100-110		100	108		147	400		110	16965	24,2	84	10
ССК-25-125-110		125	133		170	450			20892	21,2	123	12,5
ССК-25-150-110		150	159	6	202	550	12		29971	20,8	181	26,4
ССК-25-200-140		200	219	7	265		14	140	41281	66,6	365	36,5
ССК-25-250-140		250	273	8	345		16		60036	44,8	649	63,6
ССК-25-300-140		300	325		404		17		71471	42,8	919	96
ССК-25-350-140		350	377		480				82907	60,0	1282	110
ССК-25-400-140		400	426		500				93682	109,2	1452	112
ССК-25-500-170		500	530	9	627	650	18	170	133204	125,9	2411	200
ССК-25-600-170		600	630		735				158336	127,7	3390	250
ССК-25-700-170		700	720	10	830		20		180956	88,6	4377	335
ССК-25-800-170		800	820		930				206088	139,4	5688	380
ССК-25-900-170		900	920	11	1040		22		289027	151,3	7111	450
ССК-25-1000-170		1000	1020		1135				352487	235,1	8725	512

Приложение 3

Значения амплитуды осевого хода односильфонных компенсаторов

Таблица 1

Условный диаметр, DN, мм	Амплитуда осевого хода, ± λ_1, мм при наработке N, циклов						Коэффициент местного сопротивления, ξ	Эффективная площадь, $S_{эф}$, см^2
	Режим 1	Режим 2		Режим 3				
	N = 1000	N = 50 (100% режим)	N = 5000 (30%режим)	N = 10 (100% режим)	N = 150 (70%режим)	N = 10000 (20%режим)		
50	20	35	10,5	35	24,5	7	0,350	68
65								
80							0,300	89
100	25	40	12	40	28	8	0,260	133
125	28	45	13,5	45	31,5	9	0,220	190
150	35	50	15	50	35	10	0,200	279
200	45	70	21	70	49	14	0,115	452
250	50	80	24	80	56	16	0,103	680
300	60	90	27	90	63	18	0,087	960
350	65						0,129	1269
400	70	95	28,5	95	66,5	19	0,113	1575
500	85	100	30	100	70	20	0,093	2444
600	90						0,080	3419
700	95	105	31,5	105	73,5	21	0,060	4363
800							0,057	5745
900							0,045	7182
1000		110	33	110	77	22	0,040	8638
1200							0,040	12246
1400							0,040	16600

Значения амплитуды осевого хода односильфонных компенсаторов с повышенным ресурсом по назначенной наработке (типа ОПНР, ОПГР, ОПКР, ОПМР)

Таблица 2

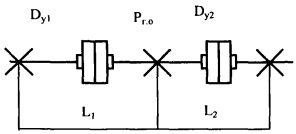
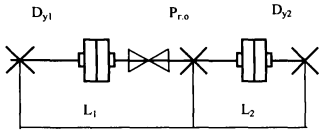
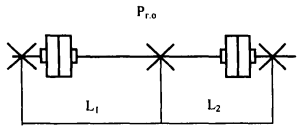
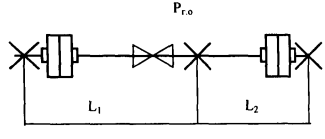
Условный диаметр, DN, мм	Амплитуда осевого хода, ± λ_{-1}, мм при наработке N, циклов				
	Режим 2		Режим 3		
	N = 50 (100%режим)	N = 5000 (30%режим)	N = 10 (100%режим)	N = 150 (70%режим)	N = 10000 (20%режим)
50	40	12	40	28	8
65	40	12	40	28	8
80	45	13,5	45	31,5	9
100	60	18	60	42	12
125	65	19,5	65	45,5	13
150	75	22,5	75	52,5	15
200	80	24	80	56	16
250	90	27	90	63	18
300	95	28,5	95	66,5	19
350	95	28,5	95	66,5	19
400	100	30	100	70	20
500	105	31,5	105	73,5	21
600	110	33	110	77	22
700	110	33	110	77	22
800	120	36	120	84	24
900	130	39	130	91	26
1000	130	39	130	91	26
1200	130	39	130	91	26
1400	130	39	130	91	26

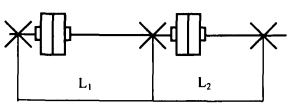
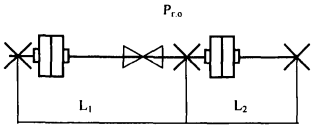
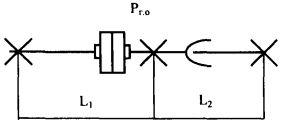
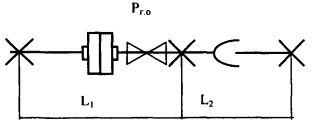
Режимы 2 и 3 табл. 1 и 2 рассчитаны для эксплуатации компенсаторов, как правило, на трубопроводах тепловых сетей.

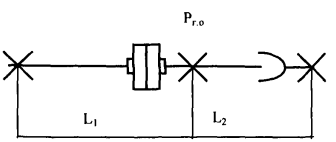
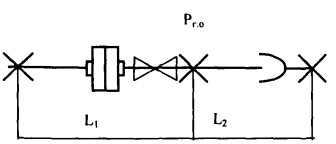
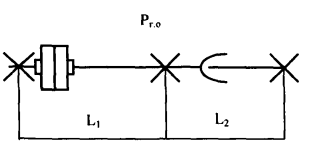
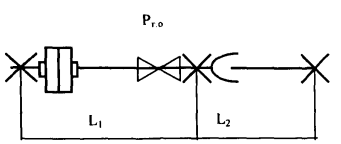
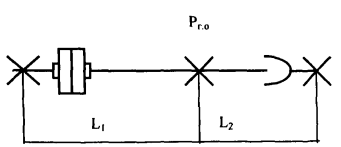
У двухсильфонных компенсаторов значения амплитуды осевого хода, λ_{-1}, на всех режимах вдвое больше.

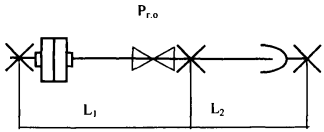
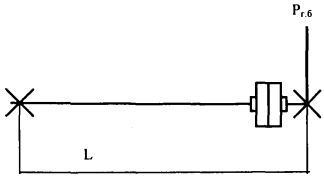
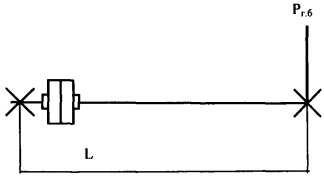
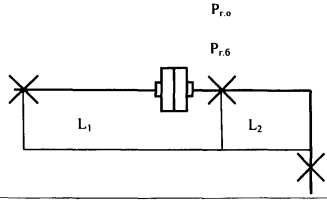
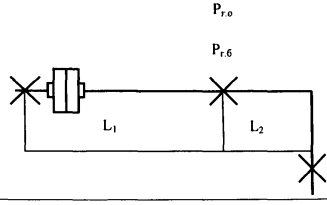
Приложение 4

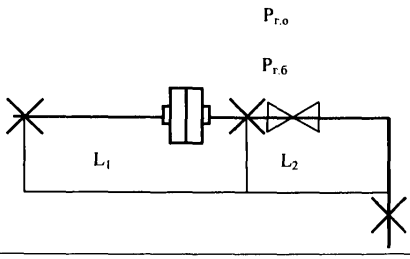
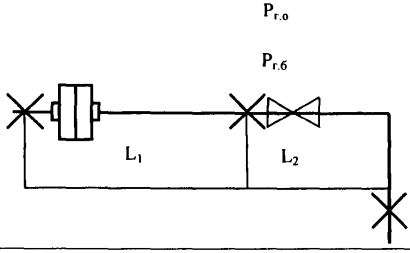
Расчетные формулы для определения суммарных горизонтальных нормативных нагрузок наподвижные опоры труб ($P_{г.о}$,$P_{г.б}$)

Схема расчетного участка трубопровода	Расчетные формулы
1	2
	$D_{y1} > D_{y2}$ $P_{г.о} = 1{,}3P_{ж1} - 0{,}7P_{ж2} + (P_{р1} - P_{р2})$ $D_{y1} = D_{y2}$ $P_{г.о} = 0{,}6P_{ж}$
	$P_{г.о} = 1{,}3P_{ж1} + P_{р1}$ $P_{г.о} = 1{,}3P_{ж2} + P_{р2}$
	$D_{y1} > D_{y2}$ $P_{г.о} = (1{,}3P_{ж1} + P_{тр1}) - 0{,}7(P_{ж2} + P_{тр2}) + (P_{р1} - P_{р2})$ $P_{г.о} = (1{,}3P_{ж1} + P_{тр2}) - 0{,}7(P_{ж2} + P_{тр1}) + (P_{р1} - P_{р2})$ $D_{y1} = D_{y2}$ $P_{г.о} = 0{,}6P_{ж} + 0{,}3P_{тр}$ $L_1 = L_2$
	$P_{г.о} = 1{,}3P_{ж1} + P_{р1} + P_{тр1}$ $P_{г.о} = 1{,}3P_{ж2} + P_{р2} + P_{тр2}$

1	2
	$D_{y1} > D_{y2}$ $P_{г.о} = (1,3P_{ж1} + P_{тр1}) - 0,7P_{ж2} + (P_{р1} - P_{р2})$ $D_{y1} = D_{y2}$ $P_{г.о} = 0,6P_{ж} + P_{тр}$
	$P_{г.о} = 1,3P_{ж1} + P_{тр1} + P_{р1}$ $P_{г.о} = 1,3P_{ж2} + P_{р2}$
	$P_{г.о} = 1,3P_{ж1} + P_{рв} + P_{тр}^{с}$
	$P_{г.о} = 1,3P_{ж1} + P_{р1}$ $P_{г.о} = P_{тр}^{с} + P_{вд}$

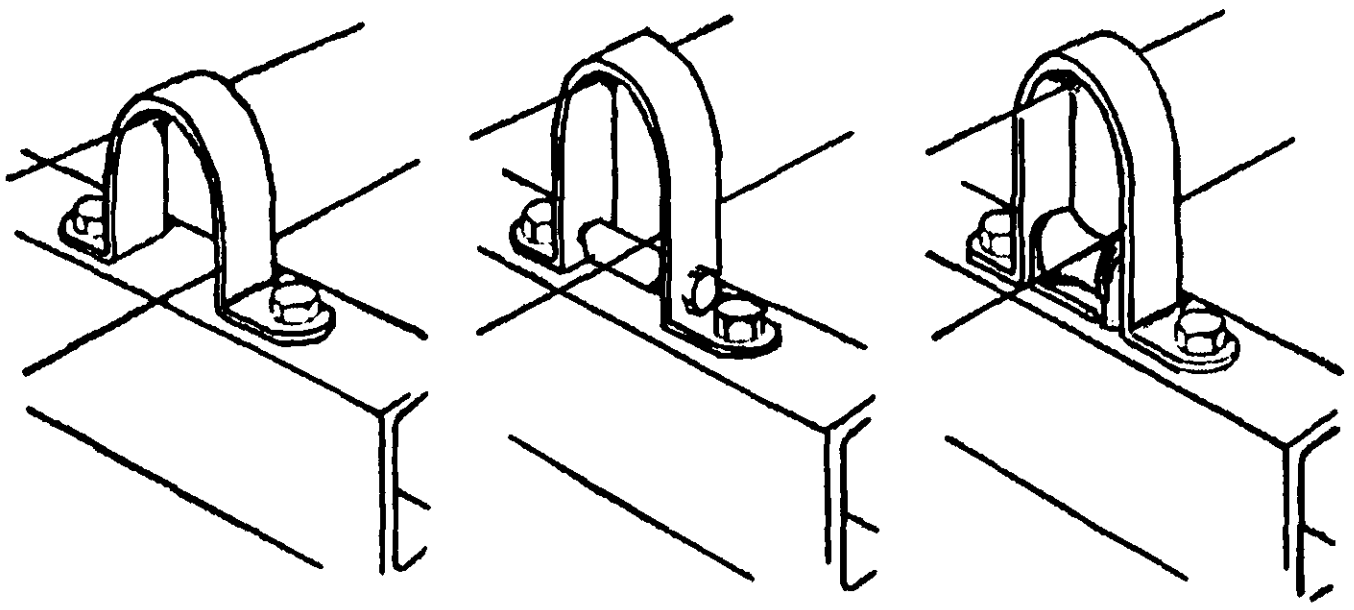
1	2
	Рг.о =1,3Рж1+Ррв+Ртр2+Ртрс
	Рг.о =1,3Рж1+Рр1 Рг.о = Рвд +Ррв+Ртр1+Ртрс
	Рг.о = 1,3Рж1+ Ррв+Ртр1+Ртрс
	Рг.о = 1,3Рж1+ Рр1+Ртр1 Рг.о = Рвд +Ртрс
	Рг.о = 1,3Рж1+ Ррв+Ртр1-0,7(Ртр2+Ртрс) Рг.о = 1,3Рж1+ Ррб+Ртр1-0,7Ртр1+Ртрс

1	2
	Рг.о = 1,3Рж1+ Рр1 +Ртр1 Рг.о = Рвд +Ртр2+Ртрс
	Рг.б = 1,3Рж+Рр
	Рг.б = 1,3Рж1+Рр+Ртр2
	Рг.о = 1,3Рж1 +Ртр2 +Рр1-0,7Рх Рг.о = Рр1 +Ртр2 -0,7(1,3Рж1) Рг.б = Ру Рг.о = Рр1 +1,3Рж -0,7 Ртр2
	Рг.о = 1,3Рж1 +Ртр1 +Рр1-0,7(Ртр2 +Рх) Рг.о = 1,3Рж1 +Ртр2 +Рр1-0,7(Ртр1 +Рх) Рг.б = Ру

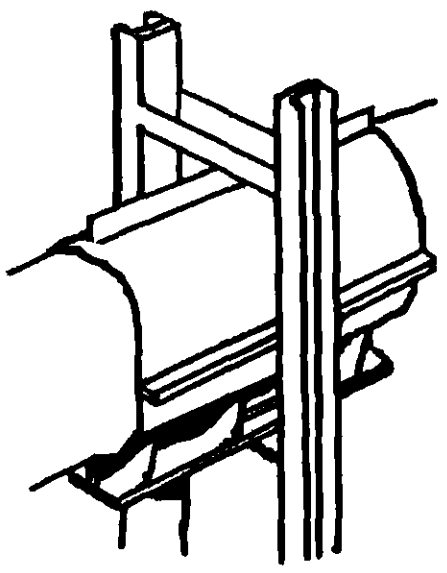
1	2
	$P_{г.о} = 1{,}3P_{ж1} + P_{р1}$ $P_{г.о} = P_{тр2} + P_х$ $P_{г.б} = P_у$
	$P_{г.о} = 1{,}3P_{ж1} + P_{тр1} + P_{р1}$ $P_{г.о} = P_{тр2} + P_х$ $P_{г.б} = P_у$

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

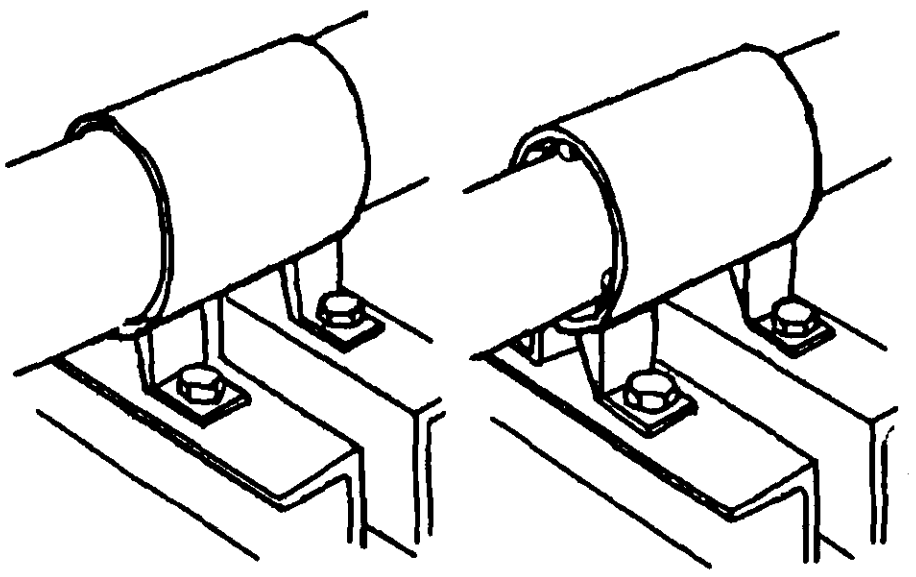
Типичные направляющие, применяемые в установках с осевыми компенсаторами



Полосовые направляющие с вальцами и без них



Тяжело нагруженная направляющая рамочного типа



Трубообразные направляющие с дистанционными вкладышами и без них

gost.e-ecolog.ru