

ГЛАВА I		
I.1	Краткое описание и общая информация о сильфонных компенсаторах	3
I.2	Сильфонные компенсаторы	3
I.3	Использование сильфонных компенсаторов	6
I.4	Типы сильфонов	7
I.5	Влияние конструкции на динамику сильфонов	8
ГЛАВА II		
II.1	Эксплуатационный ресурс	9
II.2	Тестирование и контроль качества	11
II.3	Расчеты	11
II.4	Направляющие и неподвижные опоры	14
ГЛАВА III		
Осевые сильфонные компенсаторы		
III.1	Определение	18
III.2	Разделение трубопровода на части	19
III.3	Предварительное растяжение	19
III.4	Проектирование неподвижных опор	21
III.5	Осевые направляющие опоры	22
III.6	Изоляция	22
III.7	Процесс изготовления осевых сильфонных компенсаторов	22
III.8	Расположения осевых сильфонных компенсаторов	23
ГЛАВА IV		
Боковые сильфонные компенсаторы		
IV.1	Определение	25
IV.2	Определение номинального давления	26
IV.3	Разделение трубопровода на секции	26
IV.4	Определение смещения трубопровода	26
IV.5	Проектирование неподвижных опор	28
IV.6	Направляющие	29
IV.7	Изоляция	29
IV.8	Процесс изготовления боковых сильфонных компенсаторов	29
ГЛАВА V		
Угловые сильфонные компенсаторы		
V.1	Определение	30
V.2	Применение угловых сильфонных компенсаторов	30
V.3	Определение номинального давления	34
V.4	Деление трубопровода на секции	34
V.5	Выбор угловых сильфонных компенсаторов для использования в системах с одной или несколькими плоскостями	34
V.6	Расчет величины смещения систем с сильфонными компенсаторами	34
V.7	Предварительное растяжение	35
V.8	Примеры	35
V.9	Изоляция	41
V.10	Процесс изготовления угловых сильфонных компенсаторов	41
ГЛАВА VI		
ТАБЛИЦЫ ИЗДЕЛИЙ		42
ГЛАВА VII		
VII.1	Угловые компенсаторы со сбалансированным давлением	71
VII.	Универсальные угловые компенсаторы	72
VII.	Сильфонные компенсаторы, нагруженные внешним давлением	73
VII.	Вспомогательное оборудование для сильфонных компенсаторов	73
VII.	Типы соединений сильфонных компенсаторов	74
VII.	Методы подбора присоединения	74
VII.	Применение специальных конструкций	74
ГЛАВА VIII		
Поглотители вибраций		
VIII.1	Сильфонные компенсаторы, поглощающие вибрации	78
VIII.2	Примеры расположений	79
ГЛАВА IX		
Приложение		80

I. 1 Краткое описание и общая информация о сильфонных компенсаторах:

Один из основных законов физики заключается в том, что материалы подвержены расширению и сжатию, обусловленному изменением температуры. Сильфонные компенсаторы представляют собой элементы, которые поглощают все эти расширения, сжатия, а также вибрации и позволяют промышленным системам работать непрерывно и эффективно.

Сильфонный компенсатор представляет собой гибкий элемент. Гофрированные трубки сильфонных компенсаторов предназначены для поглощения деформаций, возникающих в результате температурных изменений и вибрации. Количество сильфонов зависит от величины деформаций, вызванных расширением. С целью удовлетворения множества разнообразных потребностей, возникающих в различных производственных условиях, при проектировании сильфонных компенсаторов необходимо учитывать определенные факторы. Сильфоны должны обеспечивать необходимую гибкость и противостоять периферическому давлению. С помощью разных способов применения сильфонных компенсаторов различного типа можно решить различные проблемы в зависимости от направления и типа давления. Основной областью применения сильфонных компенсаторов являются разные отрасли, связанные с использованием трубопроводов. В оболочке трубопроводов могут возникать напряжения, вызванные многими факторами. Некоторые из этих факторов перечислены ниже.

a-Внутренние или внешние давления при рабочей температуре;
b-Вес трубопровода и транспортируемых материалов;
c-Принудительное смещение трубопровода из-за внешних помех;
d-Тепловое расширение.

Ввиду своей важности, напряжения, обусловленные тепловым расширением, должны быть рассмотрены в индивидуальном порядке. Тепловые напряжения между двумя неподвижными концами трубопровода можно рассматривать как напряжения в трубопроводе с одним подвижным концом. Для того, чтобы понять влияние последних двух факторов (c, d), необходимо рассмотреть смещения, обусловленные расширением. Появляющееся в трубопроводах напряжения зависит от следующих факторов:

- силы, направленной от источника внешних помех;
- деформаций, обусловленных внешними посторонними предметами;
- гибкости материала трубы.

В случае, если уровень напряжений или сил и количества движения превышают предельные значения, необходимо увеличить гибкость трубопровода.

Этого можно достичь за счет

- изменения общей конструкции трубопровода;
- использования элементов, имеющих высокую гибкость.

Первый способ может привести к потере температуры, давления и изоляции, и способствовать увеличению расходов, поэтому более рациональным решением является применение сильфонного компенсатора.

1.2 Типы сильфонных компенсаторов

Сильфонные компенсаторы можно разделить на три группы в зависимости от типа смещений, которые они должны поглотить.

- 1) ОСЕВЫЕ
- 2) БОКОВЫЕ
- 3) УГЛОВЫЕ

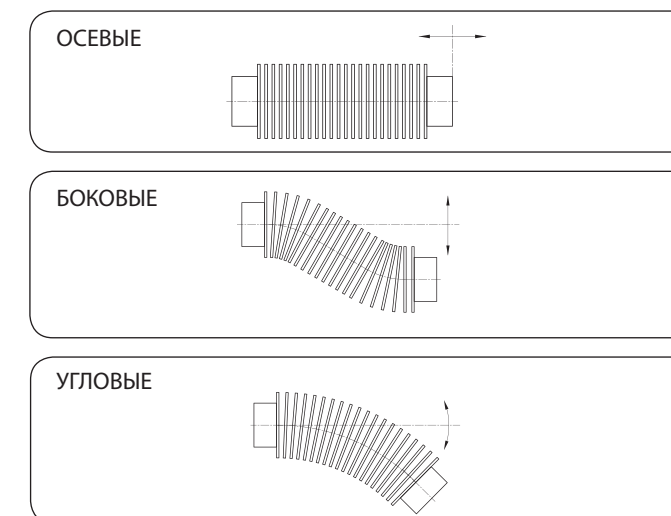


Рисунок 1

I.2 а) Осевые сильфонные компенсаторы:

- Осевые сильфонные компенсаторы предназначены для поглощения осевых расширений.
- Они не изменяют направление потока;
- Для них не требуется дополнительного интервала сборки;
- Разделение трубопровода на участки, помогает предотвратить напряжения, обусловленные действием боковых сил.

Использование сильфонных компенсаторов в трубопроводах позволяет спроектировать свободно смещающиеся участки трубопроводов. Поглощение осевого смещения возможно только при использовании соответствующих направляющих опор, которые достаточно прочны, чтобы противостоять давлению на обоих концах.

Применение направляющих опор для трубы осложняется в следующих случаях:

- для трубопроводов высокого давления ;
- для трубопроводов среднего давления с большим сечением трубы.
- для нагруженных трубопроводов.

Указанную выше силу давления можно рассчитать как рабочее давление, помноженное на эффективную поверхность.

Преимущества осевых сильфонных компенсаторов:

- Легко воспринимают смещения, обусловленные расширением;
- Отсутствие изменения направления потока;
- Минимальная площадь монтажа;
- Низкие затраты, связанные с их использованием.

Недостатки осевых сильфонных компенсаторов:

- Использование направляющих опор для труб является обязательным, что может вызвать некоторые технические и экономические проблемы.
- Для прямых и длинных трубопроводов может возникнуть необходимость использования большого количества сильфонных компенсаторов.
- Все составные части трубопроводов должны быть выровнены по отдельности, что может оказаться затруднительным и дорогостоящим.
- Осевые сильфонные компенсаторы имеют очень ограниченные возможности для пространственного трехмерного смещения.
- Там, где давление и размеры трубопровода велики, они не могут гарантировать отсутствие напряженных областей для трубопровода.

Осевые сильфонные компенсаторы

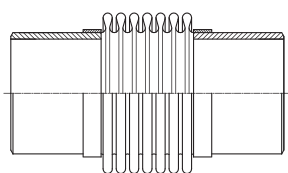


Рисунок 1-2

Моделирование работы осевых сильфонных компенсаторов

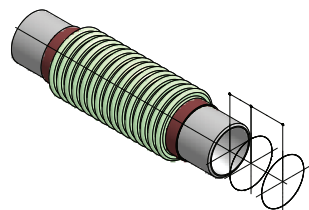


Рисунок 1-3

Смещение осевых сильфонных компенсаторов

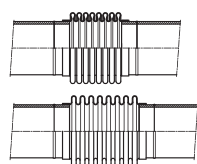


Рисунок 1-4

1.2.b. Боковые сильфонные компенсаторы:

На трубопроводах, где смещения, обусловленные расширением, могут происходить в двух направлениях, последние могут быть

поглощены с помощью боковых сильфонных компенсаторов. Двумерные смещения, возникающие в одной и той же плоскости, могут быть поглощены путем применения одномерного бокового сильфонного компенсатора. Этот тип сильфонных компенсаторов способен также поглощать одновременно осевые смещения.

Использование боковых сильфонных компенсаторов позволяет применить более дешевые решения в случаях, где изменения направления трубопровода неизбежны. В случае использования очень длинных трубопроводов один сильфонный компенсатор может и не справиться с возникающими деформациями. В таких случаях лучшим решением может оказаться применение угловых сильфонных компенсаторов, описание которых приводится ниже.

Преимущества:

- Они требуют меньше направляющих опор трубопровода по сравнению с осевыми сильфонными компенсаторами;
- С помощью двух боковых сильфонных компенсаторов могут быть поглощены трехмерные смещения;
- Они могут обеспечить решение, которое является более понятным, чем при использовании угловых сильфонных компенсаторов;
- Они обеспечивают наличие области, свободной от напряжений, для чувствительных агрегатов, таких как насосы, компрессоры и турбины, где напряжения, вызванные давлением, высоки.

Недостатки:

- Они могут быть использованы только в точках поворота трубопроводов.
- Они требуют большего срока изготовления по сравнению с осевыми сильфонными компенсаторами.
- Когда они расширяются в одном направлении, это может вызвать сжатие в другом направлении и заставить трубопровод искривиться. В результате, угловые сильфонные компенсаторы должны применяться в следующих секциях трубопроводов:

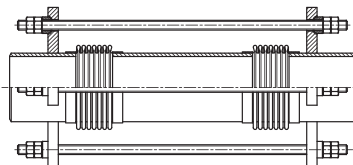
Боковые сильфонные компенсаторы
(смещения во всех направлениях)


Рисунок 1-5

Смещение боковых сильфонных компенсаторов (смещения во всех направлениях)

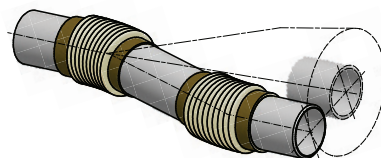


Рисунок 1-6

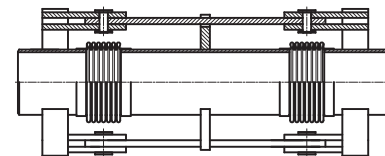
Смещение боковых сильфонных компенсаторов
(смещение в двух направлениях)


Рисунок 1-7

Моделирование работы боковых сильфонных компенсаторов (смещение в двух направлениях)

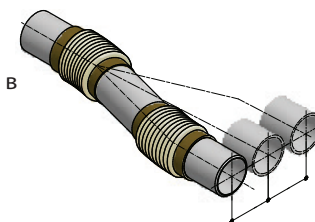


Рисунок 1-8

Смещение боковых сильфонных компенсаторов

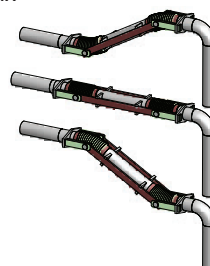


Рисунок 1-9

1.2.c. Угловые сильфонные компенсаторы:

Угловые сильфонные компенсаторы являются элементами, поглощающими смещения, возникающие в точках изгиба, аналогично боковым сильфонным компенсаторам. Они являются соответствующими элементами, поглощающими смещения, которые возникают в двух или трех направлениях. Они также требуют минимального использования направляющих опор трубопровода, поскольку поглощают все боковые и осевые смещения.

Два угловых сильфонных компенсатора могут работать как один боковой сильфонный компенсатор. Угловые сильфонные компенсаторы можно разделить на две группы в зависимости от направления смещений:

- Смещения в двух направлениях;
- Смещения во всех направлениях.

Преимущества

- Не требуется направляющей опоры трубопровода, если только длина трубы, которая поглощает деформацию, не очень велика.
- Поглощение всех смещений, а расширения возможны вне зависимости от длины трубопровода.
- Если система разработана должным образом, то они гарантируют поглощение как расширений, так и обусловленных расширением смещений во всех направлениях во всех плоскостях.

Недостатки

- Они требуют большего срока изготовления по сравнению с осевыми сильфонными компенсаторами.
- Они могут быть использованы только в точках поворота трубопроводов.

Смещение угловых сильфонных компенсаторов (смещение в двух направлениях)

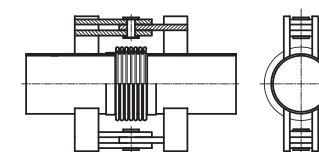


Рисунок 1-10

Моделирование работы угловых сильфонных компенсаторов (смещение в двух направлениях)

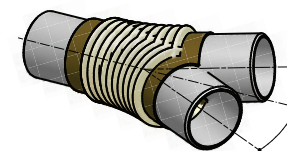


Рисунок 1-11

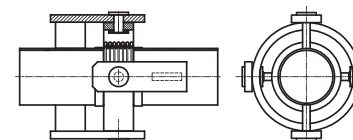
Угловые сильфонные компенсаторы
(смещение во всех направлениях)


Рисунок 1-12

Моделирование работы угловых сильфонных компенсаторов (смещение во всех направлениях)

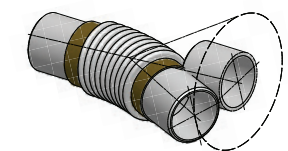


Рисунок 1-13

Смещение боковых сильфонных компенсаторов

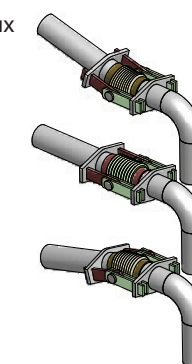


Рисунок 1-14

I.3 Применение сильфонных компенсаторов:

На самом деле сильфонные компенсаторы имеют очень большой диапазон применения. В результате этого применение сильфонных компенсаторов можно встретить практически во всех отраслях промышленности. Основными областями использования являются сосуды под давлением, трубопроводы, а также системы транспортирования и перекачки различных жидкостей и газов.

В частности, благодаря своей гибкой структуре и специальной конструкции, сильфонные компенсаторы могут удовлетворять все требования, предъявляемые для трубопроводов высокого давления и различного диаметра. Каждый тип сильфонного компенсатора обладает различными преимуществами в соответствии с областью его применения и конструкцией.

Компания «Ayvaz» производит все типы сильфонных компенсаторов для всех уровней давления и температуры в трубопроводах для транспортировки жидкостей любого типа, и поглощают смещения во всех направлениях. Указанные смещения можно перечислить следующим образом:

- Осевые смещения
- Боковые смещения
- Угловые смещения
- Комбинированные смещения
- Вибрации

Сильфонные компенсаторы, которые выбраны и установлены правильно, обеспечивают надежное соединение и обеспечивают выполнение следующих особенностей.

- Устойчивы к давлению и вакууму;
- Устойчивы к температуре;
- Устойчивы к коррозии;
- Не требует обслуживания;
- Имеют длительный эксплуатационный ресурс;
- Экономичны.

На данной стадии, определение области применения сильфонных компенсаторов было бы полезным для выявления наиболее отличительных особенностей этих элементов.

*Ах: Осевое Смещение, L: Боковое Смещение, Ап: Угловое Смещение, V: Вибрация

Используемая область	Цель	A	L	A	V
Трубопроводы	Поглощение расширения в трубопроводах, используемых для транспортировки нагревающих или охлаждающих жидкостей.	X	X	X	X
	Для предотвращения опасности разрушения трубопроводов в случаях, когда имеет место колебания конструкции.	X	X	X	X
Промышленное производство	В качестве сборочного инструмента для оборудования с сосудами под давлением и трубопроводных установок	X			
	Для поглощения относительных расширений.	X	X	X	
	С целью обеспечения ненапряженной области для чувствительных типов оборудования, таких как насосы, компенсаторы и турбины.				X
	В качестве гибкого элемента – амортизатора, буфера.	X			
	В качестве поршня.	X			
Дизельное оборудование	В качестве механического разъема для вращающегося оборудования.	X			
	Насосы (средний уровень давлений)				X
	Насосы (высокое давление)				X
Сосуды под давлением	Турбины	X	X	X	X
	Дизельный двигатель	X	X	X	X
	Ваккум-герметизация	X			
	В качестве уплотнительного элемента для трубопроводной арматуры.	X			

Используемая область	Цель	A	L	A	V
Обогрев и вентиляция	Резина, металлургия, нефтепереработка, морское судоходство, атомные энергетические станции	X	X	X	X
Применение в условиях высокого давления и температуры	Производство стекла, резины, химических продуктов, аэрокосмическая отрасль, металлургия, нефтепереработка, морское судоходство, атомные и тепловые станции.	X	X	X	
Шумоизоляция	Аэрокосмическая отрасль, локомотивы, промышленные двигатели, насосы, химическое производство.				X
Транспортировка охлаждающей жидкости	Стекло, аэрокосмическая отрасль, резина, химическое производство, металлургия, нефтепереработка, морское судоходство, атомные и тепловые станции.	X	X	X	
	Насосы				X
Транспортировка охлаждающего газа	Самолеты, химическая и нефтеперерабатывающая отрасли.	X	X	X	
Выбросы от двигателей	Выхлопные линии тяжелого оборудования.	X	X	X	X

I.4 Типы сильфонов:

Как уже было сказано ранее, сильфонный компенсатор представляет собой гибкий герметичный элемент. Основную часть сильфонного компенсатора составляет сильфон, который должен быть достаточно прочным, чтобы противостоять давлению в системе и обеспечить необходимую гибкость соединениям.

Производство наиболее подходящих сильфонных компенсаторов, которые могли бы выдержать давление в системе и обладать максимальным сроком эксплуатации, зависит от конструкции сильфона и выбора материала.

Для низких и средних уровней давления сильфоны могут быть однослойными, а при их использовании в условиях высоких температур, они должны быть двухслойными. Это объясняется тем, что гибкий участок перераспределяет напряжение по слоям, уровень напряжений в многослойных сильфонах гораздо ниже, чем в однослойных сильфонах.

Толщина стенки сильфонов определяется в результате громоздких расчетов. Сопротивление материала, тип гофра и его диаметр, а также толщина стенки сильфона определяются в соответствии с длиной сильфона. По мере увеличения величины расширения, сопротивление гибкой части уменьшается, а способность к изгибу увеличивается.

Эксплуатационный ресурс металлических сильфонов зависит от разных рабочих условий, таких как высокая температура и высокое давление. Даже при таких обстоятельствах очень маловероятно, чтобы сильфоны взрывались. Однако, чтобы исключить это, мы производим сильфоны с десятикратным запасом прочности относительно номинального давления.

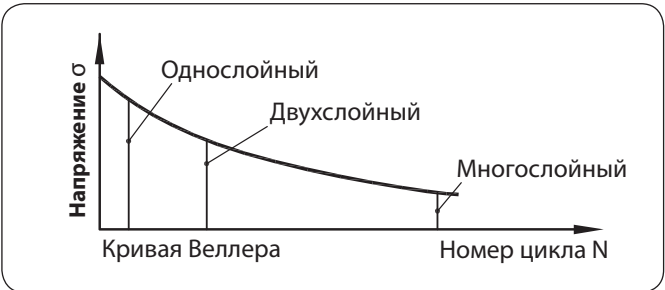
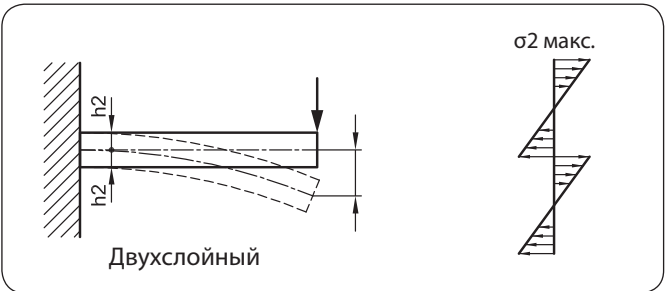
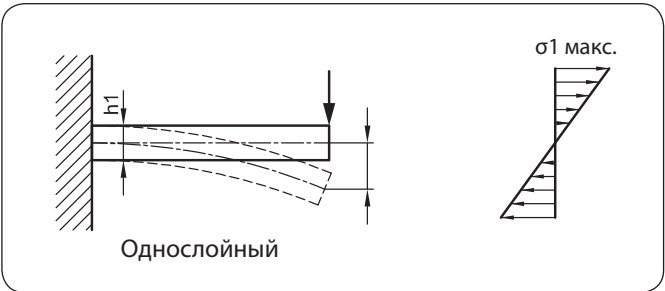


Рисунок 1-15

I . 5 Влияние конструкции на динамику сильфонов:

Конструкция	Периферийные Растяжения	Растяжения на Гофре	Растяжение при Изгибе	Растяжение при Скручивании	Внешний Зажим	Рабочий Ресурс	мм/угол			КГ/мм - КГ мм/угол			Давление Напряжения	Максим. Кол-во Гофр
							Осевое Смещение	Боковое Смещение	Угловое Смещение	Осевая Под- давливість	Боковая Под- давливість	Угловая Под- давливість		
Толстый материал	+	+	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-	S	S
Тонкий материал	-	+	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-	+	-
Широкие гофры	+	-	+	+	-	-	-	-	-	+	+	+	-	+
Узкие гофры	+	-	+	+	-	-	-	-	-	+	+	+	-	+
Мелкое рифление	-	+	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-	S	+
Крупное рифление	+	-	+	+	-	-	-	-	-	+	+	+	S	-
Многослойный	-	-	S	+	+	S	S	S	S	+	+	+	S	-
Однослойный	+	+	S	-	-	S	S	S	S	-	-	-	S	+
Длинный	+	S	S	+	-	S	S	-	-	+	+	+	+	D
Короткий	-	S	S	-	+	S	S	+	+	-	-	-	-	D

+ = УВЕЛИЧЕНИЕ - = УМЕНЬШЕНИЕ S = ОДИНАКОВО D = ЗАВИСИТ ОТ РАЗМЕРОВ

Рисунок 1-16



Рисунок 1-17

II . Ресурс:

Ресурс сильфонных компенсаторов составляет 5000 циклов при условии работы в пределах допустимых уровней смещения. В приведенной ниже таблице показано, как зависит эксплуатационный ресурс от превышения предельных значений смещения. В таблицах не показано влияние дополнительных факторов, обусловленных неправильной сборкой. Для определения ресурса сильфонных компенсаторов пользователи должны учитывать также специфику рабочих условий.

Можно выделить ряд причин, факторы, влияющие на эксплуатационный ресурс, должны быть рассмотрены индивидуально при выборе соответствующего типа сильфонного компенсатора. Эти факторы можно перечислить следующим образом.

- a Температура;
- b Величина смещения;
- c Рабочее давление;
- d Предварительное растяжение;
- e Продолжительность цикла напряжений;
- f Гидроудар и повышение давления;
- g Термический удар;
- h Коррозия;
- i Сборка неспециалистами.

II . 1 А: Температура:

Рабочая температура является одним из наиболее важных факторов, который влияет на эксплуатационный ресурс. Сопротивление материалов изменяется обратно пропорционально повышению температуры. Это условие необходимо учитывать при определении номинального давления.

Следующий пример иллюстрирует, как в расчете номинального рабочего давления учитывается коэффициент снижения (C).

Номинальное давление = $\frac{\text{Рабочее Давление}}{C'}$

Рабочая температура °C	Коэффициент Снижения C'			
	304L	316-321	Монель 400	Инконель 400
20	0.94	1.0	0.94	1.0
100	0.87	0.98	0.93	1.0
150	0.82	0.92	0.92	1.0
200	0.77	0.87	0.91	1.0
250	0.74	0.82	0.90	1.0
300	0.70	0.80	0.88	1.0
350	0.67	0.76	0.86	1.0
400	0.66	0.74	0.85	1.0
450	0.65	0.71	-	1.0
500	-	0.69	-	1.0
550	-	0.67	-	0.98
600	-	0.65	-	0.96

Таблица II-1 Значения коэффициента снижения C'

Пример: Имеется сильфонный компенсатор, изготовленный из материала 304L и предназначенный для использования при давлении 12 бар и 150 C°. Каково должно быть номинальное давление?

NP= 12/0,82=14,6 бар

В этом случае сильфонный компенсатор должен быть выбран из класса 16 бар.

В: Величина смещения

Величина смещений является еще одним не менее важным фактором, как и температура. Все сильфонные компенсаторы изготавливаются в расчете на 5000 циклов при полном рабочем ходе; если сильфоны работают в условиях неполного хода, то это может означать, что сильфонный компенсатор работает с превышением 5000 рабочих циклов. В процессе проектирования, если требуется более продолжительный эксплуатационный ресурс компенсатора, допустимое количество смещений должно быть выше. Этого можно добиться, выбрав сильфонные компенсаторы из класса более высоких давлений или с большим, чем стандартное число, количеством гофр.

С: Рабочее давление

Давление ниже, чем номинальное оказывает позитивное влияние на ресурс работы компенсатора. По мере снижения рабочего давления, рабочий ресурс увеличивается. Еще одной важной проблемой, которая может существовать при передаче тепла в длинных трубопроводах, является возникновение пульсаций давления. Эти пульсации могут вызвать регулярно повторяющиеся удары и оказывать на систему положительное действие. Эти небольшие удары помогают сильфонным компенсаторам подготовиться к более сильным напряжениям и смещениям.

D: Предварительное растяжение

Сильфонные компенсаторы монтируются в трубопроводах с предварительным растяжением. Такой метод дает возможность компенсаторам работать в пределах допустимых смещений наиболее эффективно.

Например, сильфонный компенсатор, выбранный из «размерной» таблицы со смещением -20мм/+10мм = 30мм при доставке от производителя может иметь длину 150 мм. Для того, чтобы иметь возможность расширяться на 30 мм, этот сильфонный компенсатор должен быть смонтирован в зазоре длиной в 160 мм. Разница в 10 мм может быть ликвидирована при помощи подвинчивания фланцев на маленьких сильфонных компенсаторах. Если компенсатор имеет большой осевой ход и приваренные концы под приварку, то компенсатор может быть легко затянут с помощью специальных приспособлений, прикрепленных к свариваемым краям.

По запросу, производитель может поставить сильфонные компенсаторы с предварительным растяжением.

Наиболее важными факторами предварительного растяжения являются;

- Определение точного количества смещений, которые должны быть поглощены.
- Определение температуры монтажа и рабочих условий.

Эксплуатационный ресурс: прогнозируемый эксплуатационный ресурс сильфонных компенсаторов составляет 5000 циклов при работе со 100% степенью расширения. Такой тип конструкции обычно соответствует установленным требованиям.

Приведенная ниже диаграмма может помочь определить, как изменяется эксплуатационный ресурс, когда сильфонный компенсатор работает при разных степенях расширения. Видно, что сильфонный компенсатор достигает 8800 рабочих циклов при условии работы с 50% степенью расширения, с другой стороны, если степень расширения превышает установленное значение на 20% (120%), то эксплуатационный ресурс сокращается до 2350 циклов.

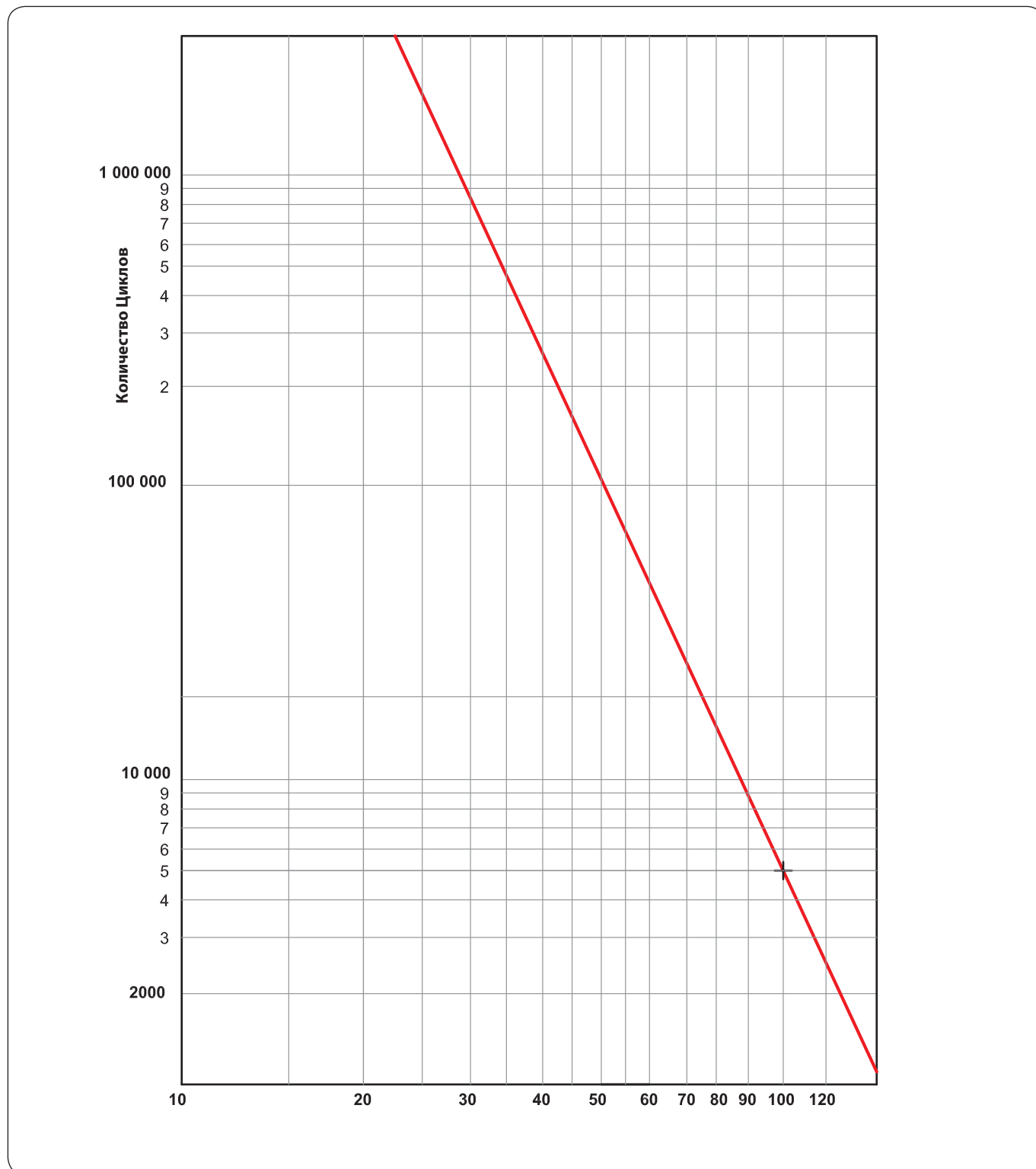


Рисунок II-1

Е: Частота цикла напряжений

Пока действие напряжений происходит в пределах допустимых значений, частота цикла напряжений не вызывает существенного изменения в системе, кроме некоторых особых ситуаций.

В случае, если сильфонный компенсатор используется для предотвращения вибрации, смещения не достигают максимального значения, и это не накладывает никаких ограничений на ресурс системы.

Е: Гидроудар и повышение давления

Рабочее давление сильфонного компенсатора должно определяться исходя из максимального давления, которое возникает в процессе работы системы. Если определить максимальное давление невозможно, то рекомендуется выбрать сильфонный компенсатор из верхнего класса давления.

Насосы могут вызвать скачки давления, а быстрое закрытие клапанов может привести к повышению давления. Вода, которая конденсируется в трубопроводах, может привести к ударам при перезапуске. В этих случаях, с целью предотвращения возможных поломок в трубопроводе, рекомендуется использовать многослойные сильфонные компенсаторы.

Г: Термический удар

Кратковременные тепловые изменения, и особенно чрезмерное повышение и спад температуры повышают усталость материала быстрее, чем в обычных условиях. Иногда проблема может быть решена с помощью использования защитной оболочки. Для систем, по которым осуществляется транспортировка газообразных и твердых материалов, доступны также свои специальные методы.

Н: Коррозия

Материалы для сильфонных компенсаторов должны быть выбраны в соответствии с жидкостями, текущими через трубопроводы. В противном случае со временем может возникнуть коррозия материала. Чтобы избежать повреждений, следует учитывать даже коррозионное воздействие моющих средств.

И: Сборка неспециалистами

Сильфонные компенсаторы должны собираться специалистами очень осторожно, в противном случае могут возникнуть некоторые механические повреждения, и эти повреждения могут уменьшить эксплуатационный ресурс сильфонных компенсаторов.

II.2 Тестирование и проверка качества

Сильфонные компенсаторы являются продуктами высокого уровня инженерной разработки и выполняют очень важные задачи в трубопроводах. Поэтому их необходимо регулярно тестировать и проверять. Трубопроводы под давлением, используемые в чрезвычайно важных отраслях, опасных для окружающей среды, такие как атомные станции или нефтеперерабатывающие заводы, должны контролироваться независимыми органами инспекции, а технический контроль должен осуществляться на каждом уровне производства. При выполнении процедур тестирования и технического контроля

необходимо соблюдать следующие условия.

- а-Используемый материал должен быть химически чистым и иметь точный состав в соответствии с которым он подобран.
- б-Необходимо соблюдать требования к материалу изделий и их чувствительности к смещениям.
- с-Давление, при котором осуществляется тестирование, как правило, устанавливается в 1,5 раза выше рабочего давления сильфонного компенсатора. Этот тест не ставит целью определение максимального сопротивления давлению сильфонов, потому что сильфоны предназначены для того, чтобы противостоять давлению в 10 раз выше рабочего давления. Такое тестирование проводится только с целью проверки уплотнения сильфонов.
- д-Для проверки сварных швов труб может применяться рентгеновский тест. В случаях, когда сильфоны приварены с использованием автоматизированных средств сварки, участие человека не требуется.

Указанное выше тестирование осуществляется для определения чувствительности в разных направлениях, уплотнений, и сопротивляемости сильфонов давлению. Если выбор материала и класса давления выбран правильно, то остается проверить только ресурс изделия.

Однако, ресурс изделия не может быть проверен в ходе испытаний, он может быть определен в результате усталостных испытаний, которые проводятся на аналогичных сильфонных компенсаторах.

Более важным, чем проведение всех этих дорогих тестов, является определение оптимальной длины сильфона и количества гофр, что необходимо для того, чтобы уменьшить сжимающее напряжение вокруг гофр и обеспечить сильфонным компенсаторам необходимую циклическую долговечность.

II. 3 Расчет:

Таблицы изделий, приведенные в разделе VI, иллюстрируют характеристики сильфонных компенсаторов, которые сгруппированы по номинальному диаметру и величине давления. После определения рабочих условий соответствующего сильфонного компенсатора, можно легко осуществить выбор наиболее подходящего изделия, если следовать способу, приведенному ниже в качестве примера.

Как мы уже отмечали ранее, сильфонные компенсаторы предназначены для поглощения трех смещений трех видов, и каждое смещение должно быть рассмотрено применительно к трем стадиям.

- а-Стадия сборки
- б-Стадия запуска и остановки
- с-Стадия работы

Для правильного расчета, заказчик должен предоставить следующие данные.

ДАННЫЕ:

- D-1 Номинальный диаметр
- D-2 Тип соединений
- D-3 Максимальное рабочее давление
- D-4 Рабочее давление
- D-5 Температура монтажа

D-6 Прогнозируемые смещения и циклы
6а-Стадия сборки: Общее осевое смещение (мм)
Общее боковое смещение (мм)
Общее угловое смещение (мм)

*На этой стадии необходимо принять величину циклической долговечности.

6б-Стадии запуска и остановки: Все суммарные смещения и значение цикличности берутся приблизительно.

6с-Рабочая стадия: Все суммарные смещения и значение цикличности берутся в точности соответствующими этой стадии.

V-7 Макс. допустимый коэффициент жесткости.

7а- осевой (кг/мм)
7б- боковой (кг/мм)
7с- угловой (кг/мм/град)

V-8 Рабочая температура.

V-9 Если требуется крышка или прокладка, то это должно быть указано в бланке заказа.

Подбор:

Сразу после сбора необходимых данных, можно перейти к стадии подбора.

S-1 В соответствии с известным номинальным диаметром следует воспользоваться таблицами изделий в главе VI.

S-2 Типы соединений должны быть указаны в бланке заказа.

S-3 Коэффициент понижения (C), связанный с максимальной рабочей температурой, определяется из таблицы II-1 или рисунка II-2.

S-4 Номинальное давление рассчитывается путем деления рабочего давления на коэффициент понижения (C). Давление при испытании должно быть в 1,5 раза выше номинального давления.

S-5 Следует учитывать максимальную температуру и коэффициент жесткости.

S-6 Кривая коэффициента понижения (C) и график циклической долговечности, представленные на II-3, используются следующим образом.

6а- На стадии сборки, циклическая долговечность принимается равной 1. C1 = 0,40

6б- Коэффициент C2 на стадии запуска и останоа определяется для цикличности.

6с- Коэффициент C3 на рабочей стадии определяется для циклической долговечности.

S-7 Значения A1, L1 and An1 рассчитываются путем умножения значения C1 на осевые, боковые и угловые смещения. Для других стадий A2, L2, An2 и A3, L3, AN3 значения вычисляются таким же образом.

S-8 Каждое смещение может быть рассчитано как сумма количества смещений на каждой стадии.

$$E_e = E_1 + E_2 + E_3$$

$$Y_e = Y_1 + Y_2 + Y_3$$

$$A_e = A_1 + A_2 + A_3$$

S-9 По таблице изделий в главе VI определяется номинальный класс давления и принимается количество гофр. В соответствии с этим количеством гофр определяются стандартные значения осевых, боковых и угловых смещений. (As, Ls, Anс)

S-10 Выбранный вариант проверяется по формуле, как показано ниже.

$$\frac{E_e}{E_k} + \frac{Y_e}{Y_k} + \frac{A_e}{A_k} \leq 1.00$$

S-11 Если полученные результаты не удовлетворяют приведенной выше формуле, то количество гофр увеличивается и проверка осуществляется еще раз. Эта процедура должна повторяться до тех пор, пока не будет достигнуто нужное значение.

Пример:

ДАННЫЕ:

Диаметр: 250 мм

Тип соединения: Закрепленные фланцы

Рабочее давление: 8,28 атм

Температура установки: 20° C

Проектные общие значения смещений и цикличности

Установка: общее осевое смещение 12 мм
боковое 1,5 мм
угловое 0

Расширение/Сжатие: общее осевое смещение 40 мм
боковое 5 мм
угловое 3 мм

Требуемая Цикличность: 200

Рабочая Стадия: общее боковое смещение 6 мм
Боковое 0,7 мм
осевое 0,2 мм

Требуемая Цикличность: 15000

Допустимая величина коэффициента жесткости:

Осевая: 20 кг/мм
Боковая: 15 кг/мм
Угловая: 10 кг/мм

Рабочая температура: менее + 427 ° C

Требуется прокладка.

Подбор:

S-1 Из таблицы изделий, глава VI, DN 250

S-2 Жесткое фланцевое соединение.

S-3 Из графика II.2, C'=0.77

S-4 Номинальное давление: 8.28/0.77 = 10,75 атм
(испытательное давление: 16,13 атм)

Класс давления: 16 атм

S-5 Количество гофр принимается равным 12, что обеспечивает необходимые ограничения по жесткости

S-6 C1 = 0.40 (единичный цикл)

C2 = 0.47 (200 циклов)

C3 = 1.26 (15000 циклов)

S-7 E1 = 0.40x12 = 4.80 Y1 = 0.40x1.5 = 0.60

A1 = 0.40x0 = 0

E2 = 0.47x40 = 18.80 Y2 = 0.47x5 = 2.35

A2 = 0.47x3 = 1.41

A3 = 1.26x6 = 7.56 Y3 = 1.26x0.7 = 0.88

A3 = 1.26x0.2 = 0.25

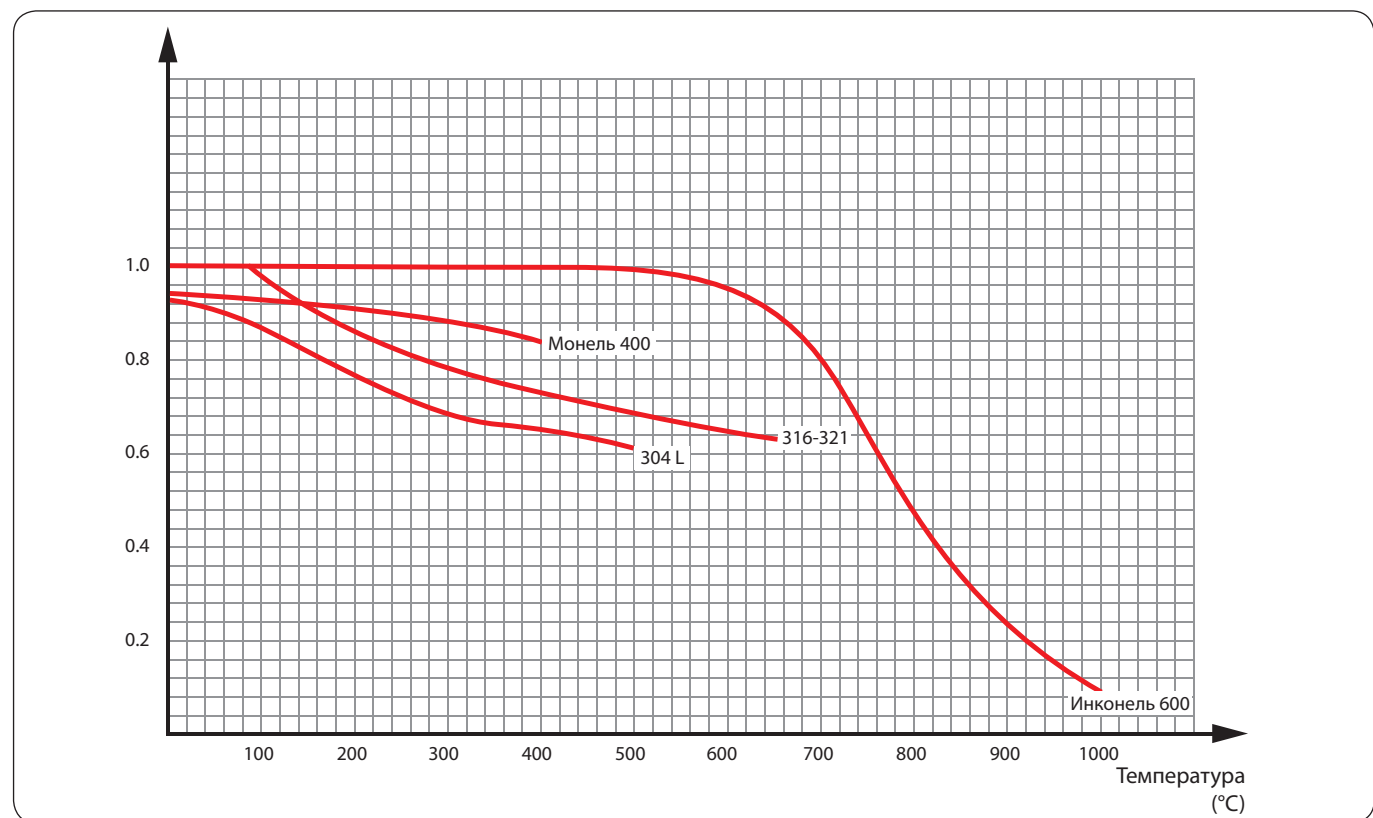


Диаграмма II-2

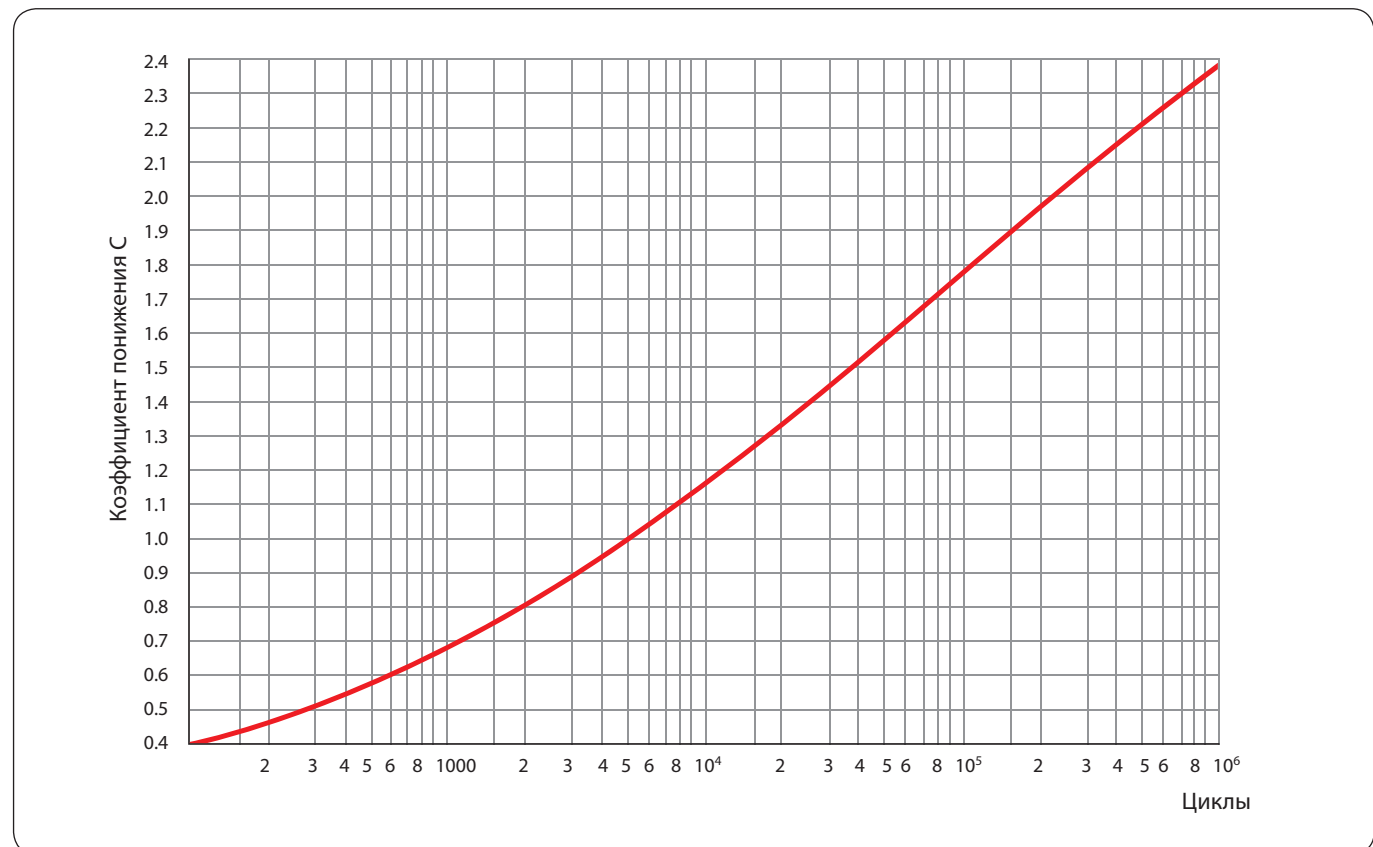


Диаграмма II-3

S-8 $E_e = 4.80 + 18.80 + 7.56 = 31.16$
 $Y_e = 0.60 + 2.35 + 0.88 = 3.83$
 $A_a = 1.41 + 0.25 = 1.66$

S-9 Предполагается наличие 12 гофр:
 $E_k = 47 Y_k = 14 A_k = 15$

S-10 $\frac{31.16}{47} + \frac{3.83}{14} + \frac{1.66}{15} = 1.05$
 Поскольку расчетное значение выше чем 1,00 то выбирается более высокий уровень гофр.
 $E_k = 55 Y_k = 21 A_k = 15$
 Если приведенные выше расчеты применяются повторно с новыми значениями, то в качестве результата берется 0,86.
 Количество гофр получилось равным 16 и подбор осуществляется соответственно этому значению

В результате подобранный сильфонный компенсатор должен иметь следующие характеристики;

1. Диаметр: 250 мм
2. Давление: 16 атм
3. Количество гофр: 16
4. Закрепленные фланцы с прокладкой.

II.4 Неподвижные и направляющие опоры:

Сильфонные компенсаторы являются элементами, которые используются для поглощения смещений при расширении и сжатии, происходящие в системе. В случае использования осевых сильфонных компенсаторов требуются некоторые вспомогательные инструменты, необходимые для поддержания эффективности систем и обеспечения их непрерывной работы. Для компенсации внутреннего давления трубы должны применяться опоры, а для обеспечения требуемой конфигурации трубопровода, последние должны поддерживаться трубными направляющими опорами.

Силы, которые компенсируются за счет опоры:

- Давление
- Трение
- Центробежная сила
- Силы, обусловленные коэффициентом жесткости

Расчет каждой из этих сил будет подробно описан в следующих трех разделах. Типы требуемых для этих сил запорных пластин приведены ниже:

- A- Концевые опоры
- B- Коленные опоры
- C- Промежуточные опоры
- D- Роликовые опоры

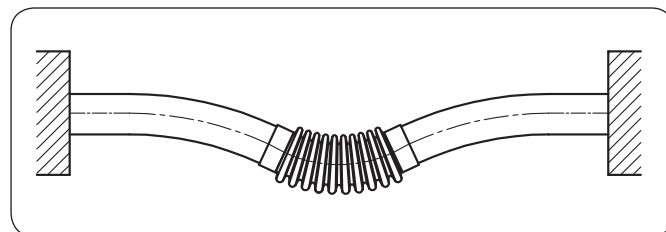


Рисунок II-4

а-Концевые опоры:

Концевые опоры используются на глухих концах трубопроводов в тех случаях, когда необходимо поддерживать оборудование, при балансировке трубопровода с помощью осевых и боковых сильфонных компенсаторов. Расчет силы, которая компенсируется концевыми опорами, будет описан в следующих разделах.

б-Коленные опоры:

Использование коленных опор важно при наличии поворотов трубопроводов. Сила давления в линии увеличивается в соответствии с углом поворота. Если изменение диаметра трубопровода происходит сразу же за его поворотом, то эффективные силы должны быть приняты в соответствии с большим диаметром.

с-3. Промежуточные опоры

Промежуточные опоры изначально не предназначены для компенсации сил. В очень длинных трубопроводах расширение может восприниматься не одним сильфонным компенсатором. В случаях, когда требуется использование более чем одного сильфонного компенсатора, трубопровод должен быть разделен на секции с помощью промежуточных опор. Для каждой секции следует использовать только один сильфонный компенсатор. Промежуточные опоры не следует путать с трубными направляющими опорами. Трубные направляющие опоры, расположенные на определенных расстояниях, используются для того, чтобы обеспечивать расширение в одной плоскости с направлением трубопровода. Кроме того, должны быть скомпенсированы и силы трения, обусловленные трубными направляющими опорами.

Температура некоторых частей трубопроводов может повышаться, поэтому расчет сил, которые влияют на промежуточные опоры, может оказаться невозможным. В результате этого, необходимо определение среднего значения сопротивления, а крепление трубопроводов следует осуществлять в соответствии с этим значением.

д-4. Роликовые опоры:

В случаях, когда предполагается, что сильфонные компенсаторы будут использоваться для компенсации только боковых смещений или дополнительно и осевых смещений, необходимо использование шарикоподшипников. Этот тип запорных пластин можно рассматривать в качестве опорных элементов для трубопроводов. Силы, которые необходимо скомпенсировать, рассчитываются так же, как и для других опор, но трение трубы при этом не учитывается. Если предполагаются высокие расходы, то при расчетах необходимо принимать во внимание действие центробежной силы.

Как правило, опоры являются неподвижными элементами, они не должны учитываться в расчетах на гибкость в предположении, что растягиваются под действием сил.

Направляющие опоры:

При использовании сильфонных компенсаторов с такими элементами, как опоры, важными элементами являются также трубные направляющие опоры.

Например, если рассматривать монтаж сильфонных компенсаторов, установленную в середине трубопровода, который закреплен с обоих концов с помощью опор (Рис. II-4) для случая, когда отсутствуют требуемые направляющие опоры, компенсаторы могут выйти из строя.

Расчет интервала для направляющих опор производится с помощью формулы Эйлера;

$$I = \pi \cdot \sqrt{EI/F}$$

I: Интервал направляющих опор

E: Величина сопротивления

Я: Момент инерции

F: Максимальная осевая деформация

Фактический интервал между направляющими опорами получается при делении этого расчетного значения на определенный коэффициент безопасности. В соответствии со спецификацией Ассоциации производителей сильфонных компенсаторов (EJMA), первая направляющая опора должна быть расположена на расстоянии от сильфонного компенсатора, равном максимум 4 диаметрам трубы.

Рисунок II.5 иллюстрирует схему, как рассчитать расстояние между направляющими опорами, которое зависит от диаметра трубы и максимального давления. Эта диаграмма составлена EJMA с учетом коэффициента запаса прочности, который учитывается при расчетах.

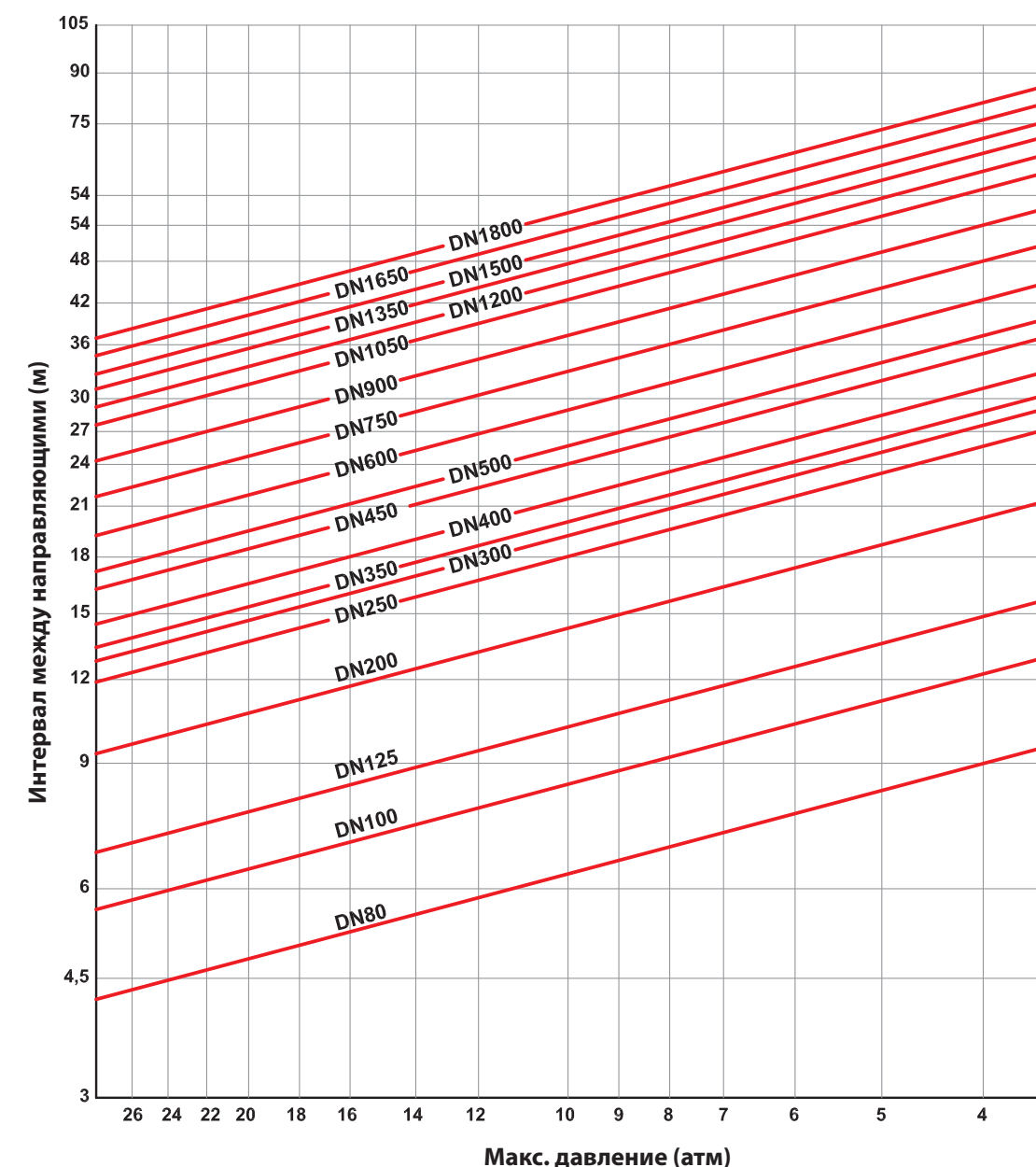


Рисунок II-5

Выводы по подобранным опорам и направляющим опорам представлены в следующих трех разделах. Ниже приведены обозначения, относящиеся к опорам и применению направляющих опор.

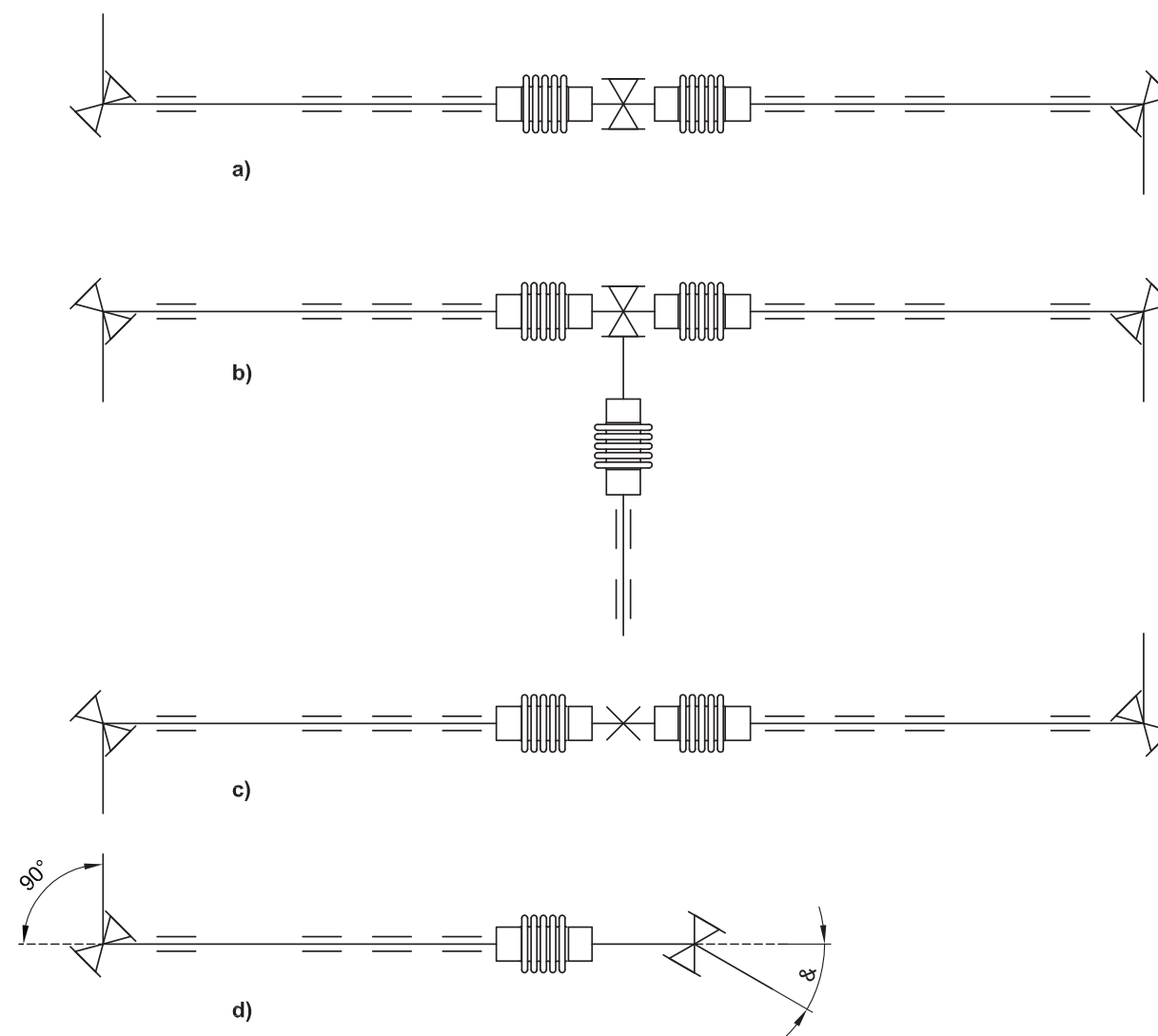
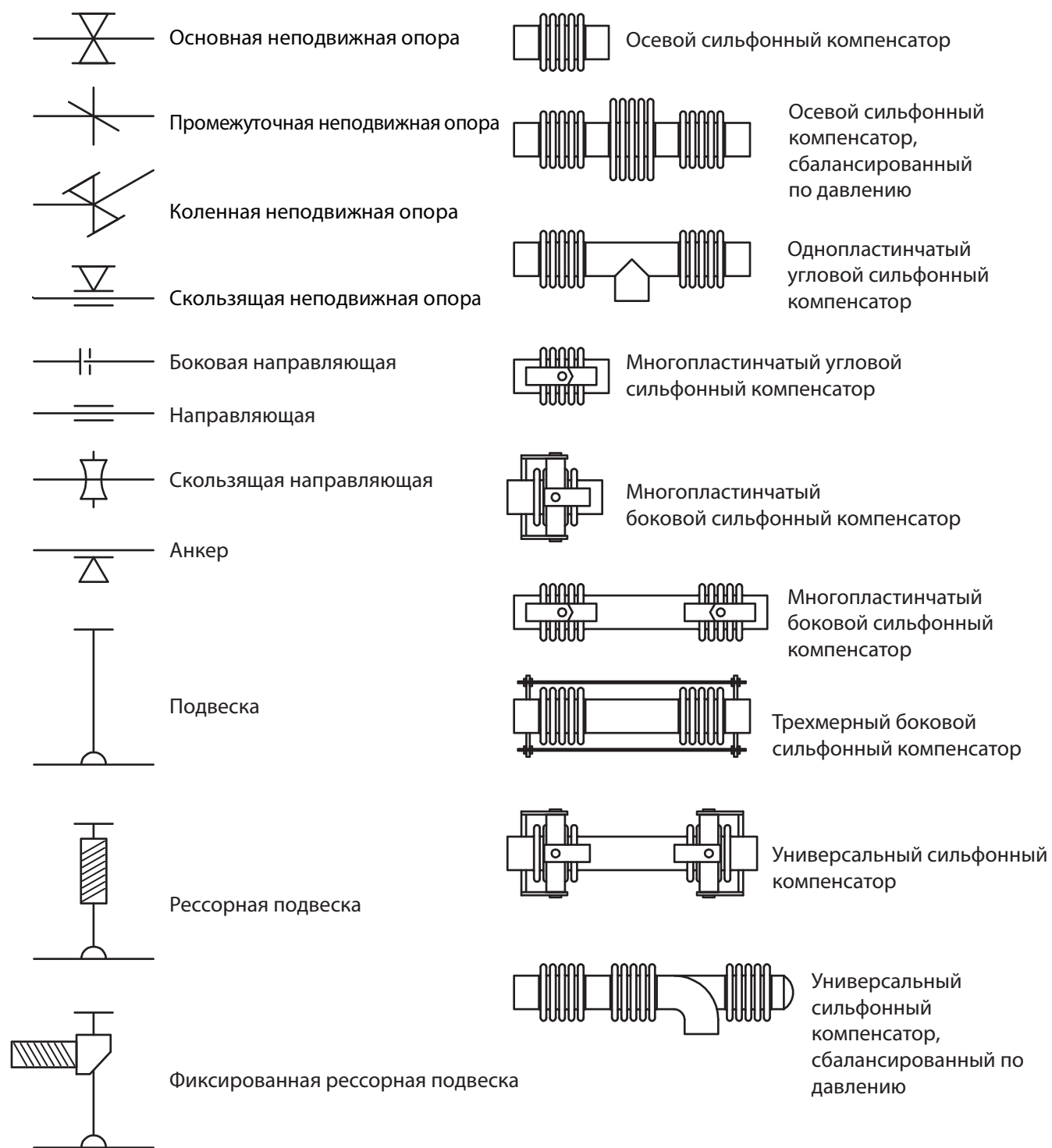


Рисунок II-6

Осевые сильфонные компенсаторы

III. 1 Определение:

Как было указано в первой главе (1.2а), осевые сильфонные компенсаторы представляют собой первый способ поглощения расширения без необходимости дополнительного рабочего пространства. При использовании осевых сильфонных компенсаторов, направление потока не меняется.

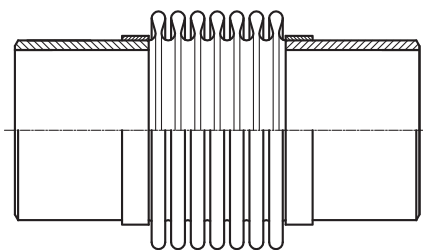
Наиболее важной особенностью осевых сильфонных компенсаторов является их способность поглощать смещения, охватывая минимально возможную область. Во время сборки осевых сильфонных компенсаторов нет необходимости изменять направление трубопроводов, поэтому потери давления минимальны. Кроме того, экраны, устанавливаемые в осевых сильфонных компенсаторах, очень полезны с точки зрения уменьшения потерь давления и предотвращения турбулентности.

Трубные направляющие опоры, которые используются для поглощения смещений, вызванных внутренним давлением в трубе и различными смещениями потока, будут рассмотрены в следующих главах.

Для применения осевых сильфонных компенсаторов существуют различные соединения, и они могут быть представлены следующим образом:

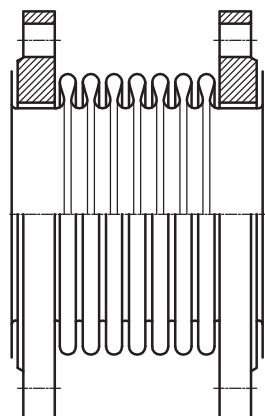
- Приварной патрубок (рис. III.1)
- Свободный фланец (рис. III.2)
- Неподвижный фланец (рис. III.3)

Кроме того, возможна разработка и производство других типов соединений на заказ.



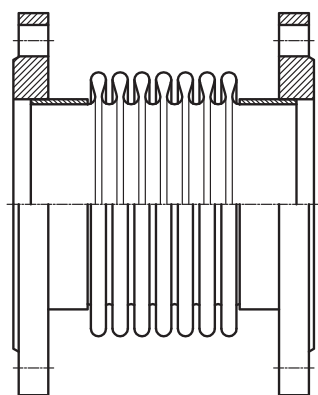
Приварной патрубок

Рисунок III-1



Свободный фланец

Рисунок III-2



Неподвижный фланец

Рисунок III-3

В некоторых случаях, осевые сильфонные компенсаторы используются с дополнительными элементами, если это требуется в соответствии с экологическими и эксплуатационными условиями. Эти элементы могут быть классифицированы следующим образом;

- Внутренние защитные экраны (гильзы) (рис. III-5)
- Внешний защитный кожух (рис. III-4)

Внутренние защитные экраны (гильзы)

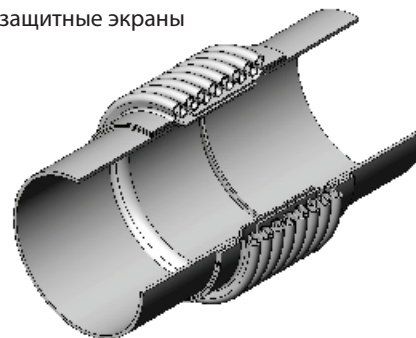


Рисунок III-4

Внешний защитный кожух

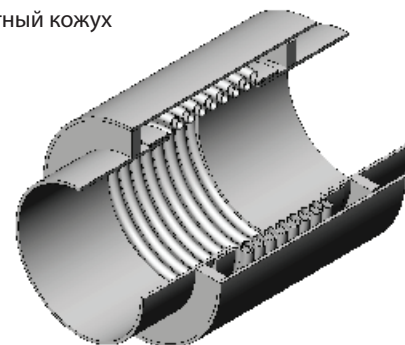


Рисунок III-5

- а- Внешние защитные кожухи используются снаружи и обеспечивают защиту сильфонных компенсаторов от внешних механических повреждений.
- б- Экраны уменьшают сопротивление потока внутри сильфонного компенсатора. Они предотвращают накопление отложений, содержащихся в грязном потоке. Экраны также защищают сильфоны от внезапного скачка температуры, обусловленного быстрым и сильным перепадом температуры.

Если сильфонный компенсатор изолирован, то кожухи защищают гофры сильфонов от проникновения материала изоляции и обеспечивают их работу должным образом. Несмотря на наличие внутреннего экрана, сильфоны, в особенности, очень длинных компенсаторов могут быть скручены. Для того чтобы избежать эти явления, предлагается изготавливать сильфонные компенсаторы таким образом, чтобы направлять давление в сильфонный компенсатор извне (Глава VIII).

Несмотря на то, что защитные кожухи и экраны дают перечисленные выше преимущества, они никогда не должны использоваться в качестве направляющих или неподвижных опор. Расчет номинального давления виден

на примере, приведенном в главе II.3. В следующих главах, более подробно рассмотрены технические вопросы и предложены практические решения этих проблем. Разделение трубопровода на части, максимальное осевое смещение, конструкция неподвижных опор, направляющих, а также принцип проектирования - вот некоторые из рассматриваемых ниже проблем.

III. 2 Разделение трубопровода на части:

При эксплуатации очень длинных трубопроводов невозможно поглотить возникающее расширение только за счет одного сильфонного компенсатора. Например, труба, длина которой составляет 150 метров, изготовленная из материала St35, может дать расширение при разности температур в 160°C, превышающее 242 мм. Этот пример отражает очень распространенную ситуацию, которая часто встречается на практике. В частности, в длинных трубопроводах, которые подвержены сильным перепадам температур, можно ожидать, что один сильфонный компенсатор не справится с расширением, которое необходимо поглотить. В этих случаях трассу трубопровода можно разделить неподвижными опорами таким образом, чтобы расширение между двумя неподвижными опорами соответствовало величине, которую способен поглотить один сильфонный компенсатор

Разделение трубопровода на части осуществляется с учетом технических и экономических факторов, такая оптимизация необходима для достижения наилучших результатов.

Пример, связанный с этим вопросом, будет рассмотрен в главе III.3

III. 3 Предварительное растяжение:

В главе II.1 кратко было определено понятие предварительное растяжение и рассмотрено его влияние на срок службы компенсатора. Здесь мы объясним предварительный натяг на двух практических примерах и с помощью численных расчетов.

Величина предварительного растяжения рассчитывается в соответствии с условиями окружающей среды. Известно, что с падением наружной температуры воздуха трубопроводы подвергаются сжатию, а при повышении температуры они расширяются.

В процессе сжатия трубопровода, сильфонный компенсатор расширяется, и наоборот, когда трубопровод расширяется, сильфонный компенсатор сжимается.

Для того чтобы поддерживать бесперебойную работу трубопроводов, сильфонный компенсатор должен поглотить в себя все расширения. Для того, чтобы обеспечить это, необходима правильно установить величину предварительного растяжения. Таблица, приведенная в главе V, иллюстрирует величины сжатия и расширения каждого сильфонного компенсатора при 5000 циклах.

Данную ситуацию иллюстрирует представленный ниже пример.

Пример 1:

Диаметр трубы:	150 мм
Длина трубы:	25 м
Рабочее давление:	7.5 атм
Материал трубы:	A St35
Температура установки:	+21С°
Средняя температура:	-10С°
Макс. температура:	+180С°

Пожалуйста, учтите: предполагается, что все смещения являются осевыми.

Таблица тепловых расширений, приведенная в главе IX, используется следующим образом:

Соответствующие величины расширений при заданных температурах должны браться из столбца, соответствующего материалу «Углеродистая сталь». Если точные значения, соответствующие данной температуре, отсутствуют, то требуемые значения тепловых расширений могут быть рассчитаны с помощью метода линейной интерполяции. Для определения величин тепловых расширений полезны приведенные ниже обозначения.

δ = представляет величину расширения для трубы длиной 100 м при средней температуре.
 δ_0 = представляет величину расширения для трубы длиной 100 м при температуре установки.
 δ_+ = представляет величину расширения для трубы длиной 100 м при максимальной температуре.
 Δ_+ = представляет полную величину расширения трубопровода.
 Δ_- = представляет полную величину сжатия трубопровода.
 Δ = полное смещение

Темп.	Расширение
-10°С	= - 33 мм/100 м (Линейная интерполяция)
+21°С	= 0 мм/100 м (Табличное значение)
+180°С	= 192.4 мм/100 м (Линейная интерполяция)

Эти величины приведены для 100 м. Чтобы получить соответствующие величины для 25 м трубопровода, необходимо каждое значение умножить на 25/100=0.25

$$\begin{aligned}\delta_- &= -33 \times 0.25 = -8.25 \text{ мм} \\ \delta_0 &= 0 \\ \delta_+ &= 192.4 \times 0.25 = 48.10 \text{ мм}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta_+ &= 48.10 - 0 = 48.10 \text{ мм расширение трубы} \\ \Delta_- &= 0 - (-8.25) = 8.25 \text{ мм сжатие трубы} \\ \Delta &= \Delta_+ + \Delta_- = 48.10 + 8.25 = 56.35 \text{ мм общее смещение.}\end{aligned}$$

Если предположить, что сильфонный компенсатор изготовлен из нержавеющей стали, то коэффициент С может быть взят равным 0.78.

$$\text{Номинальное давление} = 7.5/0.78 = 9.62 \text{ атм}$$

В заключение можно сказать, что правильным выбором будет сильфонный компенсатор, соответствующий классу давления в 10 атм и диаметром 150 мм с запасом осевого смещения более чем 56.35 мм, поскольку его запас смещения составляет 44 0,5 x44 = 66 мм.

По формуле, приведенной ниже, можно рассчитать расширение сильфонного компенсатора, которое следует разделить на допустимое расширение и общее расширение. Параметры, используемые в формуле, описаны ниже.

P: предварительное растяжение
L: длина сильфонного компенсатора
L_м: установочная длина сильфонного компенсатора (после предварительного натяга)
E: допустимая величина сжатия сильфонного компенсатора

$$P = \frac{1}{2} (\Delta_+ - \frac{E}{2}) \quad (3.1)$$

$$L_m = L + P \quad (3.2)$$

Табличные значения в Главе VI (диаметр 150 мм, давление 10 атм, количество гофр 12)

$$\begin{aligned}L &= 240 \text{ мм} \\ E &= 44 \text{ мм}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Ранее рассчитанные значения;} \\ \Delta_+ &= 48.10 \\ \Delta_- &= 8.25 \text{ мм}\end{aligned}$$

Из формулы (3.1)

$$P = \frac{1}{2} (48.10 - 8.25 - 0.5 \times 44)$$

P = 8.93 мм Необходим предварительный натяг.
Установочная длина рассчитывается по формуле (3.2)

$$L = 240.00 + 8.93 = 248.93 \text{ мм}$$

Пример 2:

К данному приложению см. рис. III-6.

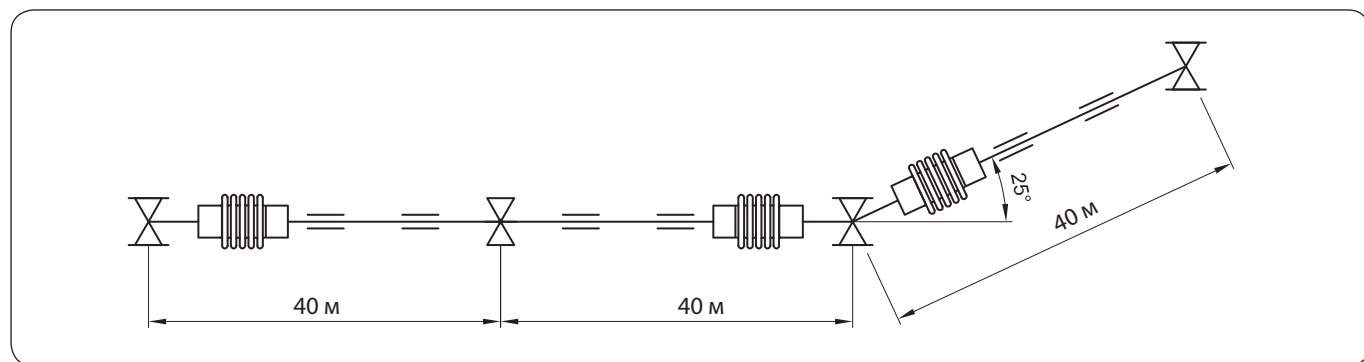


Рисунок III-6

Диаметр трубы:	125 мм
Длина трубы:	120 м
Рабочее давление:	7 атм
Материал трубы:	5 CrMo
Среда:	Фтористоводородная кислота
Температура при установке:	+10 С°
Средняя температура:	-15 С°
Макс. температура:	+120 С°
Установка поворотного фланца	

Пожалуйста, обратите внимание, что смещение предполагается полностью осевым. Как и в предыдущем примере необходимо использовать таблицу теплового расширения, приведенную в главе IX.

Темп.	Расширение
-15°С	$\delta_- = -35.2 \text{ мм/100 м}$ (Линейная интерполяция)
+10°С	$\delta_0 = -11.0 \text{ мм/100 м}$ (Табличное значение)
+120°С	$\delta_+ = +109.8 \text{ мм/100 м}$ (Линейная интерполяция)

Данные значения приведены для 100 м. Чтобы получить значения для 120 метрового трубопровода, каждое значение должно быть умножено на 120/100 (1.2)

$$\begin{aligned}\delta_- &= -35.2 \times 1.2 = -42.2 \text{ мм} \\ \delta_0 &= -11.10 \times 1.2 = -13.2 \text{ мм} \\ \delta_+ &= +109.8 \times 1.2 = +131.8 \text{ мм} \\ \Delta_- &= \delta_+ - \delta_0 = -13.2 - (-42.2) = 29.0 \text{ мм} \\ \Delta_+ &= \delta_0 - \delta_- = 131.8 - (-13.2) = 145.0 \text{ мм}\end{aligned}$$

Общее смещение сильфонного компенсатора достигает 174 мм. Поглотить такое массивное смещение с помощью лишь одного сильфонного компенсатора невозможно. С другой стороны, так как жидкость в трубопроводе представляет собой плавиковую кислоту, то самый стойкий к кислотной коррозии материал должен быть выбран из таблицы материалов, приведенной в главе IX.

В соответствии со свойствами материала, наилучшим образом подходящего для этого компенсатора, коэффициент С при максимальной температуре получается равным 0,93. Соответственно рассчитывается номинальное давление 7.0/0.93 = 7.53 атм.

В обзоре сильфонного компенсатора с характеристиками, соответствующими диаметру 125 мм, классу давления 10 атм и количеству гофров, равному 24, который приведен в главе VI, видно, что общее максимальное допустимое смещение составляет 63 мм. С общим расширением и сжатием в 189 мм могут справиться три сильфонных компенсатора этого типа. Это происходит потому, что нижний класс по гофре не является достаточным, поэтому выбор следует сделать следующим образом.

В связи с изложенными выше причинами, трубопровод должен быть разделен на три секции по 40 м каждая. Каждая секция трубы освобождается от других и значения величин рассчитываются следующим образом.

$$\begin{aligned}\Delta_+ &= 145:3 = 48.3 \text{ мм} \\ \Delta_- &= 29:3 = 9.7 \text{ мм} \\ E &= 42 \text{ мм} \\ L &= 240 \text{ мм (Общая длина сильфонного компенсатора с фланцами)}\end{aligned}$$

$$P = \frac{1}{2} (48.3 - 9.7 - 21.0)$$

$$\begin{aligned}P &= 8.8 \text{ мм} \\ \text{Длина установки} \\ L &= 240.0 + 8.8 = 248.8 \text{ мм}\end{aligned}$$

III.4 Проектирование неподвижных опор:

Проектирование неподвижных опор, описанное в главе III-4, будет рассмотрено на предыдущем примере.

Как было объяснено выше, силы, которые должны быть поглощены коленами, концевыми частями и движущимися деталями, перечислены ниже.

- F1: Сила давления
- F2: Сопротивление материала
- F3: Трение труб
- F4: Центробежная сила

Параметрами, необходимыми для расчета данных сил, являются:

- A: Эффективная площадь поверхности гофры (см²)
- k_c: Осевой коэффициент жесткости (Кг/мм)
- k_y: Боковой коэффициент жесткости (Кг/мм)
- k_A: Угловой коэффициент жесткости (Кг/мм)
- p: Рабочее давление (атм)
- α: Угол сопротивления трубопровода
- Y: Плотность жидкости (г/см³)
- v: Скорость жидкости (м/с)
- ц: Величина трения мин. 0.3 – макс. 0.5
- w: Общий вес трубы и жидкости в расчете на погонный метр (кг/м)
- I: Интервал между сильфонным компенсатором и неподвижной опорой (м)

Параметры, которые не были приведены ранее в примере 2, приведены ниже:

$$\begin{aligned}\alpha &= 25^\circ \\ v &= 10 \text{ м/с} \\ p &= 7 \text{ атм} \\ Y &= 1 \text{ г/см}^3 \\ \Delta &= 48.3 + 9.7 = 58 \text{ мм} \\ ц &= 0.25 \\ w &= 60 \text{ кг/мм}\end{aligned}$$

Из таблицы, приведенной в главе VI (Диаметр: 125 мм, давление 10 атм, количество гофров: 24), имеем:

$$\begin{aligned}A &= 183 \text{ см}^2 \\ k_c &= 8.4 \text{ кг/мм} \\ k_y &= 5.7 \text{ кг/мм} \\ k_A &= 3.2 \text{ кг/мм/град}\end{aligned}$$

“I” может быть рассчитано двумя способами;

- a) Если сильфонный компенсатор находится рядом с неподвижной опорой I = 0. Сила трения равна нулю.
- b) Если между сильфонным компенсатором и неподвижной опорой имеется некоторое расстояние, то I рассчитывается следующим образом.

$$f_3 = ц \cdot w \cdot I \quad (3.3)$$

Это дополнительная сила, которая должна быть поглощена неподвижной опорой. В примере 2 при проектировании неподвижной опоры, расстояние, обозначенное как 1, будем считать равным нулю. Другие силы рассчитываются по приведенным ниже формулам.

$f_1 = A \cdot p$ (3.4. а) Концевые неподвижные опоры.

$f_1 = 2 \cdot A \cdot p \cdot \sin \alpha / 2$ (3.4.b) Колена

$f_2 = \frac{1}{2} k_{\epsilon} \cdot \Delta$ (3.5a) Концевые неподвижные опоры

$f_2 = k_{\epsilon} \cdot \Delta \cdot \sin \alpha / 2$ (3.5 b) колена

$f_4 = \frac{1}{50} A \cdot Y \cdot v^2 \sin \alpha / 2$ (3.6) колена

Это происходит потому, что существует круговое смещение, при котором центробежная сила F4 не подвергается воздействию концевые неподвижные опоры. Неподвижные опоры могут располагаться, как показано на рис. III-6.

Ниже описаны силы, которые воспринимают неподвижные опоры;

$$f_1 = 183 \cdot 7 = 1281 \text{ кг}$$

$$f_2 = \frac{1}{2} 8.4 \cdot 58 = 243.6 \text{ кг}$$

(Примечание: Предполагается, что существует только осевое смещение, величина k не учитывается)

$$\text{Общий } f = \frac{1524.6 \text{ кг}}{\text{Для колена F.P}}$$

$$f = 2 \cdot 183 \cdot 7 \frac{\text{сдюйм}}{2} 25 = 554.5 \text{ кг}$$

$$f = 8.4 \cdot 58 \frac{\text{сдюйм}}{2} 25 = 105.4 \text{ кг}$$

$$f = \frac{1}{50} 183 \cdot 1 \cdot 100 \frac{\text{сдюйм}}{2} 25 = 79.2 \text{ кг}$$

Общий $f = 739.1 \text{ кг}$

Силы, действующие на промежуточные неподвижные опоры, представляют собой структурные силы сопротивления (f2) и силы трения (f3). Тем не менее, структурные силы сопротивления являются чисто теоретическими и можно считать, что они действуют на минимальном уровне. Соответствующее значение можно считать равным сопротивлению материала конечной неподвижной опоры.

$$f_2 = 105.4 \text{ кг}$$

Сила трения рассчитывается по формуле (3.3). Важный момент, на который здесь следует обратить внимание, это то, что величина (l) берется равной 40м.

$$f_3 = 0.25 \cdot 60 \cdot 40 = 600 \text{ кг}$$

$$\text{Общая Сила} = 705.4 \text{ кг}$$

Конструкция неподвижных опор в Примере 2 определяется как показано выше. В результате имеем;

2 номинальные неподвижные опоры	> 1524,6 кг
1 промежуточная неподвижная опора	> 705,4 кг
1 коленная неподвижная опора	> 739,1 кг

III.5 Осевые Направляющие Опоры:

В II.4. было установлено, что направляющие опоры делают возможным использование сильфонных компенсаторов. Направляющие опоры в примере 2 можно определить следующим образом.

Первая направляющая опора находится за сильфонным компенсатором на расстоянии, равном 4-м диаметрам (500 мм), вторая направляющая опора находится на расстоянии 14-и диаметров (1750 мм).

Как проиллюстрировано на Рис. II-5, для сильфонного компенсатора диаметром 125 мм при давлении 7 атм требуется направляющая опора, которая составляет примерно 12 м.

III.6 Изоляция:

Изоляция сильфонных компенсаторов, которые используются в трубопроводах для транспортировки холодной или горячей жидкости, выполнена так же, как и для простых систем трубопроводов. При выборе сильфонного компенсатора с внешним кожухом можно получить лучший результат. Если сильфонные компенсаторы изолированы без внешней защиты, изоляционный материал может заполнить пространство в гофрах и уменьшить гибкость сильфона. Еще одним важным вопросом является коррозионное воздействие некоторых изоляционных материалов в случае нагрева, обусловленного теми или иными причинами.

III.7 Процесс изготовления осевых сильфонных компенсаторов:

а-Стадия планирования:

- Сбор данных.
- Определение номинального давления.
- Расчет величины расширения и сжатия трубопровода.
- Разделение трубопровода на секции.
- Выбор сильфонного компенсатора.
- Определение предварительного натяга.
- Проектирование неподвижных и направляющих опор.
- Проектирование изоляции.

б-Стадия Установки:

- Сбор данных.
- Определение номинального давления.
- Расчет величины расширения и сжатия трубопровода.
- Разделение трубопровода на секции.
- Выбор сильфонного компенсатора.
- Определение предварительного растяжения.
- Проектирование неподвижных и направляющих опор.
- Проектирование изоляции.

с-Советы по Эксплуатации:

- Предотвращать чрезмерные удары, которые могут возникнуть при неправильной установке, гидравлическом ударе и т.д.
- Очищать внутреннее пространство сильфонных компенсаторов от продуктов коррозии максимально возможным образом.

III.8 Приложения осевых сильфонных компенсаторов

Приведенные ниже рисунки (III.7/8/9/10) иллюстрируют многопластинчатые и многоразмерные приложения сильфонных компенсаторов.

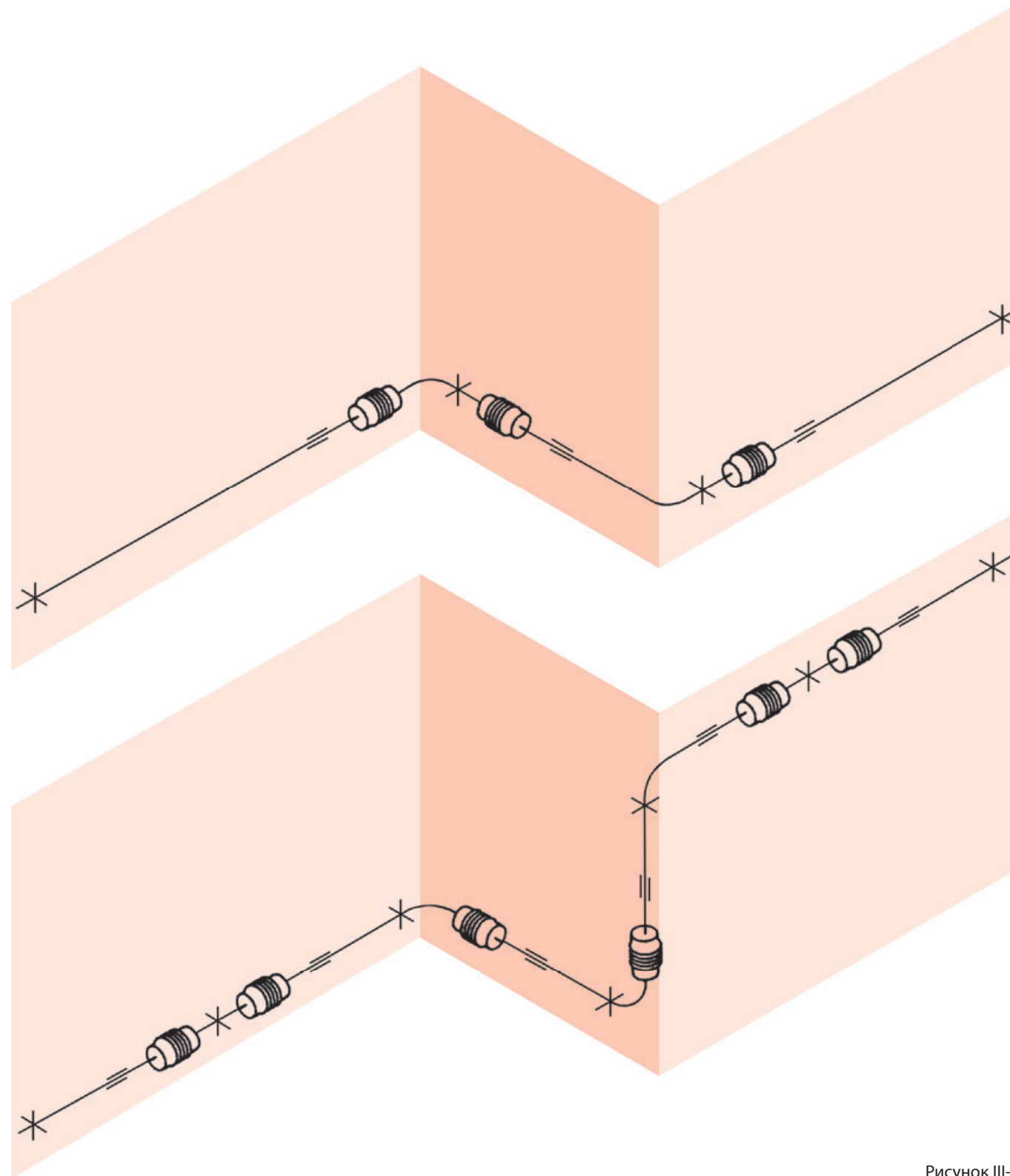


Рисунок III-8

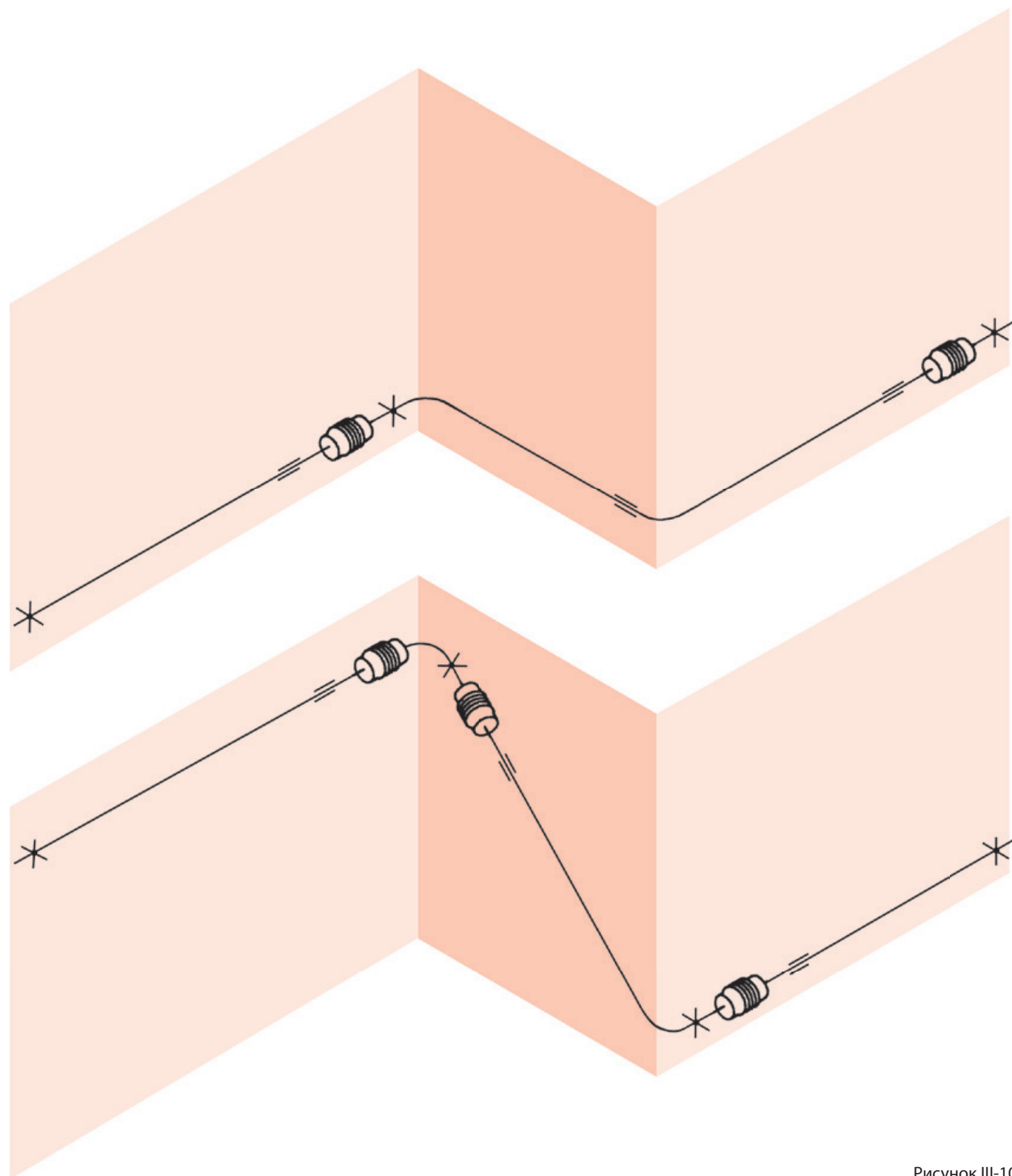


Рисунок III-10

Боковые сильфонные компенсаторы

IV.1 Определения:

Как было указано в главе I.2, второй способ поглощения расширения заключается в использовании боковых сильфонных компенсаторов. Один боковой сильфонный компенсатор может поглотить двумерное смещение в одной плоскости.

Основная цель бокового сильфонного компенсатора заключается в том, чтобы предотвратить напряжения изгиба, которые вызваны сжимающим напряжением. Например: эффективное поперечное сечение сильфонного компенсатора с номинальным диаметром 500 мм составляет 2291 см², если рабочее давление составляет 20 кг/см². Сжимающее напряжение рассчитывается как $229 \times 20 = 45820$ кг.

Если сильфонный компенсатор оборудован шарнирами, то они также должны воспринять эту силу. В связи с этим, для того, чтобы воспринять все возникающие усилия, шарниры или другие вспомогательные детали разрабатываются с соответствующим запасом прочности.

Боковые сильфонные компенсаторы являются элементами, не требующими технического обслуживания, как и осевые сильфонные компенсаторы.

Основными типами боковых сильфонных компенсаторов являются:

Боковые сильфонные компенсаторы являются свободными элементами, не требующими обслуживания, как и осевые сильфонные компенсаторы.

Основными типами боковых сильфонных компенсаторов являются;

- а- Шарнирные универсальные сильфонные компенсаторы
- б- Сильфонные компенсаторы для работы в тяжелых условиях

а-Шарнирные универсальные сильфонные компенсаторы:

Конструкция связанных универсальных сильфонных компенсаторов разработана исключительно из экономических соображений. Этот тип сильфонных компенсаторов рекомендуется для использования в приложениях с ограниченным давлением и температурой (Рис. I.5).

Для шарнирных универсальных сильфонных компенсаторов предусмотрены три различных типа соединения:

- Приварной патрубок (Рис. III-1)
- Свободные фланцы (Рис. III-2)
- Неподвижные фланцы (Рис. III-3)

По запросу заказчика приварные патрубки могут быть изготовлены из любого материала.

Конструкция с плавающими фланцами предлагает очень экономичные решения в тех случаях, когда их использование предполагается ниже определенного уровня давления. Для этого типа соединений,

транспортируемая среда связана только с сильфонами, никаких специальных материалов для фланцев не требуется. Использование плавающих фланцевых соединений не рекомендуется в следующих случаях.

- В вакуумированных трубопроводных системах.
- В соединениях, в которых поверхности фланцев поднимаются и опускаются.
- В случае рифленых поверхностей фланца.

Фланцы изготавливаются в соответствии с разными нормами, по требованию заказчика возможны специальные конструкции фланцев.

б-Сильфонные компенсаторы для работы в тяжелых условиях:

Шарнирные сильфонные компенсаторы не могут быть использованы в приложениях с высоким уровнем давления и температурах, превышающих +400 °C. В таких случаях решение может быть найдено за счет применения боковых сильфонных компенсаторов карданного типа.

Рис IV-1 иллюстрирует сильфонный компенсатор для работы в

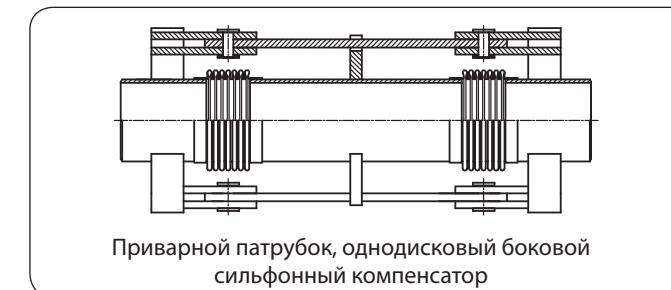


Рисунок IV-1

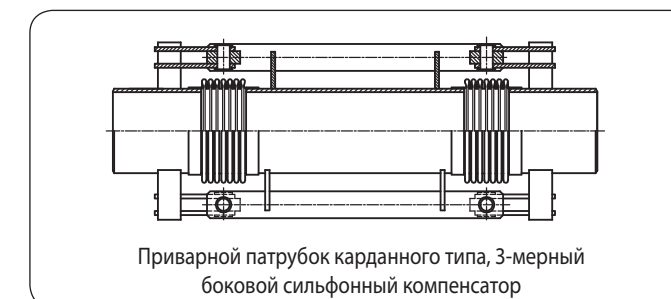


Рисунок IV-2

тяжелых условиях, который из-за наличия шарниров смещается в одном направлении. Боковой сильфонный компенсатор карданного типа показан на рис IV-2, этот тип шарниров позволяет сильфонному компенсатору двигаться во всех направлениях.

Для различных областей использования суммарное боковое

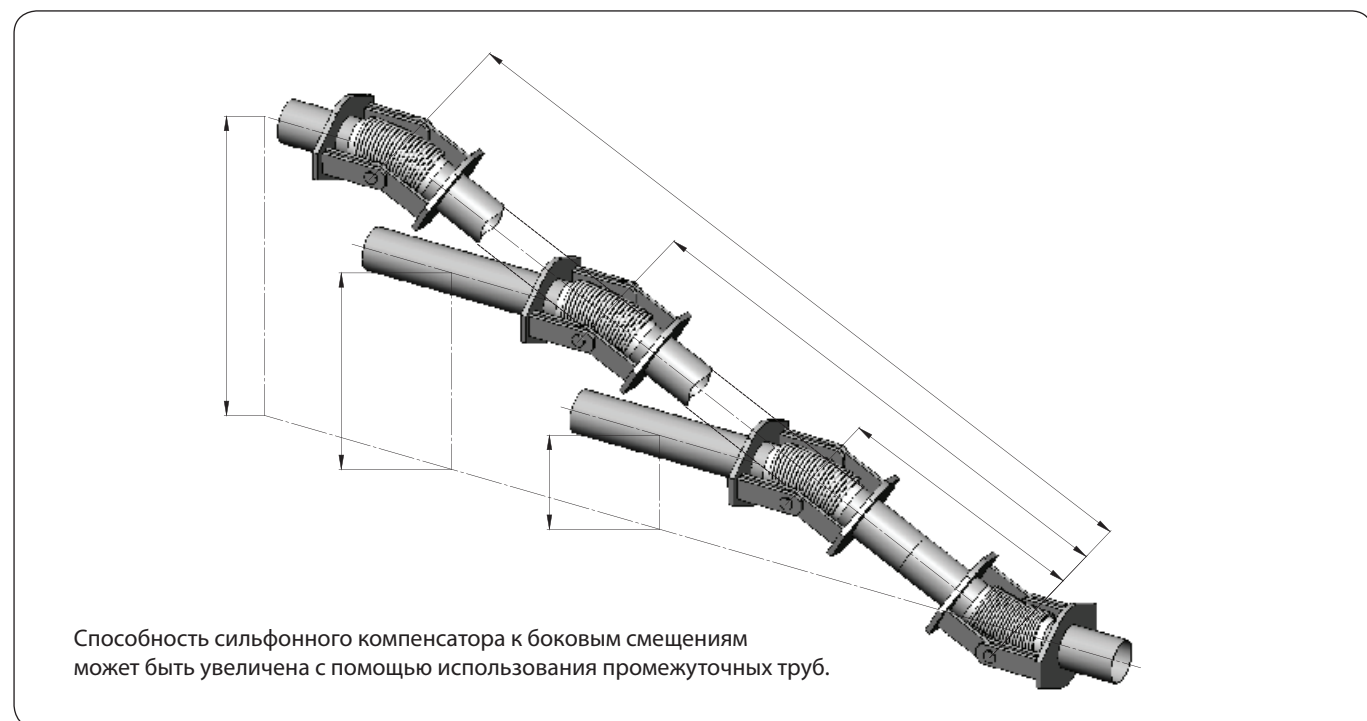


Рисунок IV-3

смещение может изменяться. В случаях, когда величина этих смещений не слишком велика, может быть достаточным использование компенсатора с одним сильфоном. Но для того, чтобы поглощать существенные смещения, рекомендуется использовать компенсатор с двойным сильфоном и удлинительной трубой. Различные типы удлинительных труб представлены на рис. I-5 и III-3.

Величина суммарного бокового смещения является функцией приведенных ниже факторов.

- Гибкости сильфонов
- Длины сильфонов
- Длины промежуточной трубы между сильфонами

Обычное боковое смещение можно обеспечить за счет компенсатора с единичным или двойным сильфоном. Соответствующее решение принимает производитель.

Как указано выше, способность сильфонного компенсатора к боковым смещениям может быть увеличена с помощью использования промежуточных труб. Рисунок IV-3 иллюстрирует, как осуществляется такое смещение.

По мере увеличения длины промежуточной трубы, величина поглощенного бокового смещения увеличивается. В некоторых случаях суммарное боковое смещение может превысить ожидаемую величину, в этих случаях сильфонные компенсаторы должны быть защищены от постоянной деформации. Ограничивающие стяжки, показанные на рис. I-5, защищают сильфонные компенсаторы от смещений, которые не предусмотрены конструкцией. Сильфонные компенсаторы для работы в тяжелых условиях на рис. IV-1 и рис. IV-2 обеспечивают как боковое смещение, так и нагрузки на трубу.

IV.2 Определение номинального давления:

После сбора данных о рабочем давлении, рабочей температуре и материале сильфонного компенсатора, номинальное давление определяется, как описано в главе II.1.

IV.3 Разделение трубопровода на секции:

Боковые сильфонные компенсаторы могут подвергаться делению на секции, как это было описано в главе III-2 для осевых сильфонных компенсаторов. В этих приложениях, помимо высокой температуры, необходимо принять во внимание колена для установки в нескольких плоскостях, а также некоторые другие ограничения.

- Если длина трубы до поворота слишком большая, то для поглощения полной величины смещения одного сильфонного компенсатора не достаточно.
- В трубопроводе используется слишком много колен.
- Если смещение происходит в более чем двух плоскостях.
- Наличие проблем с опорами, которые несут на себе вес трубопровода.

Предварительное секционирование трубопроводов осуществляется следующим образом. Окончательное секционирование завершается после расчета тепловых напряжений и допустимых смещений в сильфоном компенсаторе. В случае, если смещения трубопровода и диагональные расширения происходят в двух плоскостях, смещение суммируются как вектор.

IV.4 Определение смещения трубопровода:

Определение смещения трубопровода при использовании боковых сильфонных компенсаторов отличается от случая использования осевых сильфонных компенсаторов. Тепловое расширение, вызванное разностью температур в осевом сильфоном компенсаторе, определяется в соответствии с примерами, приведенными в главе III-3.

Пример, приведенный ниже, способствует лучшему пониманию.

Пример: (См. Рисунок IV-4)

Определение смещения трубопровода при использовании боковых сильфонных компенсаторов отличается от случая использования осевых сильфонных компенсаторов. Тепловое расширение, вызванное разностью температур в осевом сильфоном компенсаторе, определяется в соответствии с примерами, приведенными в главе III-3.

Полное расширение:

$$\Delta_{+Y} = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2} \quad (4.1a)$$

Полное сжатие:

$$\Delta_{-Y} = \sqrt{\Delta_3^2 + \Delta_4^2} \quad (4.1b)$$

Если задан требуемый диаметр и давление, то величина бокового смещения (Y) определяется из главы VI. Если выполняются условия, показанные на рисунке ниже, то соответственно определяется количество гофр сильфонного компенсатора.

$$\frac{1}{2} (\Delta_{+Y} + \Delta_{-Y}) \leq Y \quad (4.2)$$

Для оптимального использования боковых сильфонных компенсаторов очень важным фактором является предварительный натяг. Предварительное растяжение может быть рассчитано по приведенной ниже формуле.

$$P = \frac{1}{2} |\Delta_{+Y} - \Delta_{-Y}| \quad (4.3)$$

Предварительное растяжение действует в направлении, противоположном направлению расширения или сжатия. При использовании боковых сильфонных компенсаторов, направление предварительного натяга так же важно, как и его величина. Направление может быть вычислено по формуле, приведенной ниже.

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{\Delta_2}{\Delta_1} \quad (4.4) \text{ (Рисунок IV-4)}$$

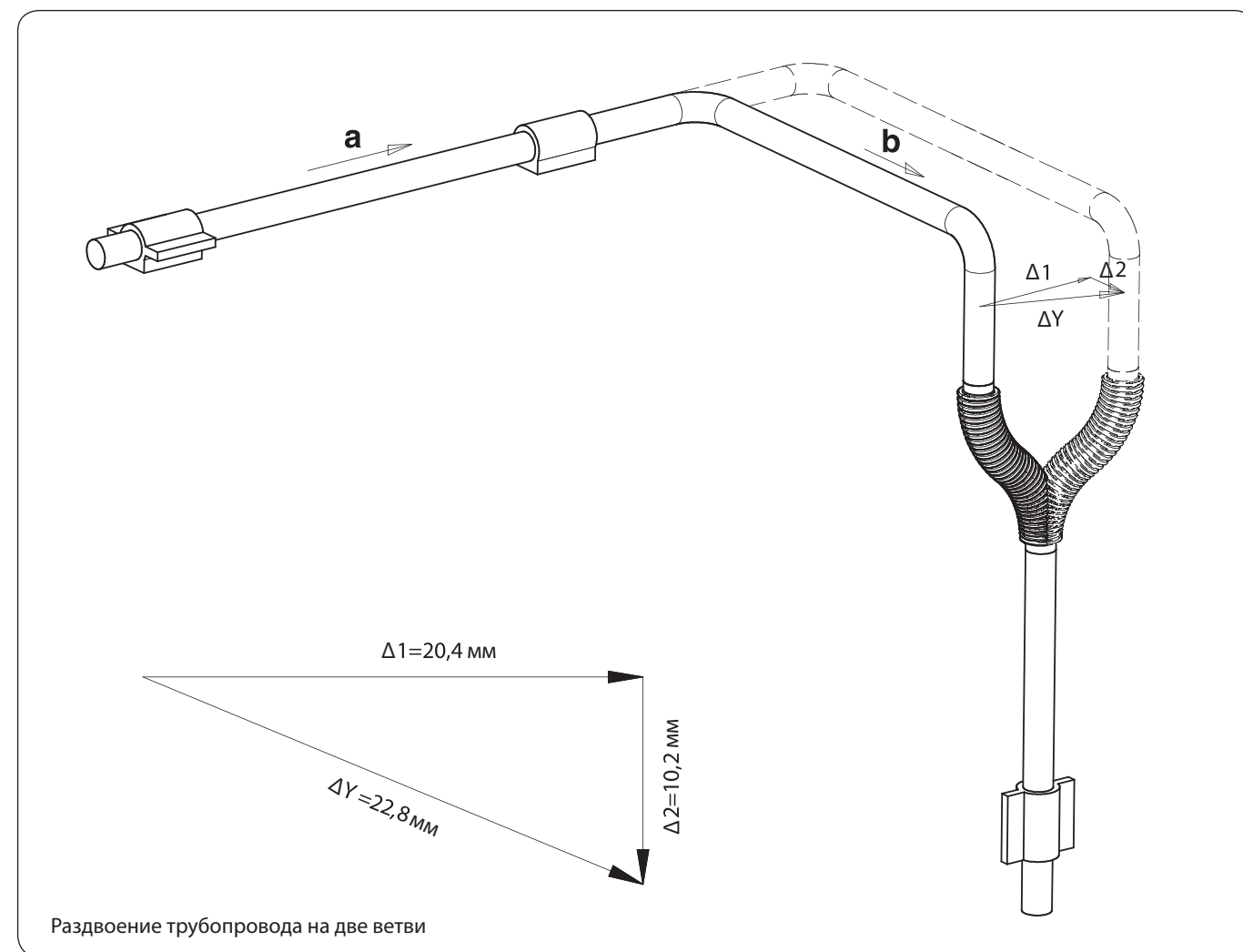


Рисунок IV-4

Диаметр трубы	200 мм
Длина трубы (а)	40 м
Длина трубы (в)	20 м
Рабочее давление	4,5 атм
w	60 кг/м
Материал трубы	St 37
Жидкость	серная кислота
Температура установки	+15° С
Средняя температура	0° С
Макс. температура	+60° С
Монтаж с неподвижным фланцем	

Температура:	Расширение:
0°С	$\delta_{\text{с}} - 23.0 \text{ мм/100 м}$
+15°С	$\delta_{\text{о}} - 6.5 \text{ мм/100 м}$
+60°С	$\delta_{\text{+}} + 44.6/100 \text{ м}$

$\Delta_{\text{+}} = \delta_{\text{+}} - \delta_{\text{о}} = 44.6 - (-6.5) = 51.1 \text{ мм/100 м}$
 $\Delta_{\text{-}} = \delta_{\text{о}} - \delta_{\text{-}} = -6.5 - (-23.0) = 16.5 \text{ мм/100 м}$
 Значения для трубы (а) должны быть умножены на 0,4
 Значения для трубы (в) должны быть умножены на 0,2

Величина расширений

$$\Delta_1 = 51.1 \times 0.4 = 20.4 \text{ мм}$$

$$\Delta_2 = 51.1 \times 0.2 = 10.2 \text{ мм}$$

Величина сжатий

$$\Delta_3 = 16.5 \times 0.4 = 6.6 \text{ мм}$$

$$\Delta_4 = 16.5 \times 0.2 = 3.3 \text{ мм}$$

Общее расширение из формулы (4.1а)

$$\Delta_{\text{+Y}} = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2} = \sqrt{20.4^2 + 10.2^2} = 22.8 \text{ мм}$$

Общее сжатие из формулы (4.1а)

$$\Delta_{\text{-Y}} = \sqrt{\Delta_3^2 + \Delta_4^2} = \sqrt{6.6^2 + 3.3^2} = 7.4 \text{ мм}$$

Поскольку жидкость является серной кислотой, то в качестве материала сильфонного компенсатора выбрана нержавеющая сталь AISI 316L. С помощью Рис. II-2 определяем С при максимальной температуре.

Определилась С=0.9

Номинальное давление рассчитывается как 4,5/0,9 = 5 атм. В результате этого выбирается верхний класс давления 6 атм. Из главы IV, по диаметру 200 мм и выбранному классу давления получается величина бокового смещения.

$$\frac{1}{2}(\Delta_{\text{+Y}} + \Delta_{\text{-Y}}) = \frac{1}{2}(22.8 + 7.4) = 15.1 \text{ мм}$$

Величина Y сильфонного компенсатора с 16 гофрами составляет 21 мм и поскольку $15,1 \leq 21$, то выбирается именно это количество гофр.

Величина предварительного натяга рассчитывается по формуле:

$$P = \frac{1}{2} \left| \Delta_{\text{+Y}} + \Delta_{\text{-Y}} \right| = \frac{1}{2} \left| 22.8 - 7.4 \right| = 7.7 \text{ мм}$$

Направление предварительного натяга рассчитывается по формуле (4,4)

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{\Delta_2}{\Delta_1} \tan^{-1} \frac{10.2}{20.4} = 26.6^\circ$$

Как было определено ранее, предварительный натяг применяется в направлении, противоположном направлению расширения.

IV.5 Проектирование неподвижных опор:

Процесс проектирования неподвижных опор для боковых сильфонных компенсаторов осуществляется теми же методами, что и в главах II-4 и III-4. Как упоминалось ранее, одним из самых важных преимуществ боковых сильфонных компенсаторов по сравнению с осевыми сильфонными компенсаторами является то, что боковые сильфонные компенсаторы не требуют направляющих и неподвижных опор в том количестве, в каком они необходимы для осевых сильфонных компенсаторов.

Основной силой, которая необходима для проектирования неподвижной опоры, является сила трения. Формула, приведенная в главе 3.3, также может быть применена в расчетах силы трения для боковых сильфонных компенсаторов.

$$f = \zeta \times w \times l \quad (3.3)$$

Параметр (ц), как правило, используется как неизменная величина, равная 0,3. Вес трубы в расчете на погонный метр принимается равным 60 кг. "l" представляет собой расстояние между боковым сильфонным компенсатором и неподвижной опорой, а длина трубы (а) равна 40 м. Даже в случае возникновения смещения в двух плоскостях, направляющая опора будет оказывать действие только в одной плоскости. Мы принимаем в наши расчеты общую длину трубы (а + в), потому, что нам необходимо знание общей массы трубы для расчета во второй плоскости.

Другой важной силой, столь же важной, как и сила трения, является сила смещения, которая вызвана боковыми смещениями сильфонного компенсатора. Эта сила рассчитывается просто путем умножения бокового коэффициента жесткости на величину полного смещения при расширении или сжатии (в зависимости от того, что больше).

$$f = k_y \times \Delta_{\text{+Y}} \quad (4.5)$$

Примечание: Если $\Delta_{\text{-Y}} > \Delta_{\text{+Y}}$ то будет взято значение $\Delta_{\text{-Y}}$.

Сумма всех сил, упомянутых выше, отражает требуемое значение сопротивления неподвижной опоры. Проектирование неподвижной опоры в данной главе осуществляется на конкретном примере, приведенном ниже.

$$l = 40 + 20 = 60 \text{ м}$$

$$f = 0.3 \times 60 \times 60 = 1080 \text{ кг}$$

Для того, чтобы рассчитать силу смещения, возьмем коэффициент жесткости K_Y для сильфонного компенсатора, рассматриваемого в примере. В формуле (4.5) также

используются $\Delta_{\text{+Y}}$
 $f = 9,8 \text{ кг/мм} \times 22.8 \text{ мм} = 223,4 \text{ кг}$
 Рассчитывается общая сила, которую необходимо поглотить,
 $f = 1080,0 + 223,4 = 1303,4 \text{ кг}$

На этом проектирование неподвижной опоры завершается. Более крупные боковые сильфонные компенсаторы имеют меньшие значения коэффициентов жесткости, что обеспечивает меньшую силу смещения и меньше соединений, подверженных напряжениям. В силу этих особенностей, большие сильфонные компенсаторы являются предпочтительными для использования на выходах блоков чувствительного оборудования, такого как турбины, компрессоры и сосуды, выполненные из керамики.

IV.6 Направляющие опоры:

Применение направляющих опор для боковых сильфонных компенсаторов не настолько важно, как использование этих соединений для осевых сильфонных компенсаторов. Боковые отклонения в длинных трубопроводах можно предотвратить с помощью направляющих опор. В связи с этим, в соответствии с EJMA стандартом, при двумерных смещениях направляющие опоры должны использоваться лишь в одном измерении. Направляющие опоры следует применять в соответствии с правилами, изложенными в главе II-4. Рассмотрение примера, приведенного в главе IV-4, показывает, что первая направляющая опора должна быть размещена на расстоянии 2,8 м от сильфонного компенсатора диаметром 200 мм. Последующие направляющие опоры должны повторяться через каждые 19,5 м (4,5 атм, диаметр 200 мм).

Для предотвращения нежелательных смещений боковых сильфонных компенсаторов могут использоваться стяжки. Эти стяжки менее подвержены термическим напряжениям, если они изолированы частично или совсем не изолированы.

V.7 Изоляция:

Как было описано выше в главе III-7, изоляция сильфонных компенсаторов, которые используются в трубопроводах для транспортировки холодной или горячей жидкости, выполнена по аналогии с изоляцией для простых трубопроводов. Выбор сильфонного компенсатора с внешней кожухом обеспечит лучшие результаты. Если сильфонные компенсаторы изолированы без внешней защиты, то изоляционный материал может заполнить пространство между гофрами сильфона и уменьшить его гибкость. В этих случаях изоляция должна свободно покрывать сильфонный компенсатор и быть

закреплена с помощью полос. Для предотвращения нежелательных смещений боковых сильфонных компенсаторов можно использовать стяжки. Неизолированные или частично изолированные стяжки могут уменьшить возможность возникновения термических напряжений.

Процесс производства боковых сильфонных компенсаторов:

a-Стадия планирования

- Сбор данных.
- Определение номинального давления.
- Расчет величины расширения и сжатия трубопровода.
- Разделение трубопровода на секции.
- Выбор сильфонного компенсатора.
- Определение предварительного растяжения.
- Проектирование неподвижных и направляющих опор.
- Проектирование изоляции.

b- Стадия установки

- Защита сильфонов от механических повреждений.
- Стяжки и шарниры, которые используются для защиты боковых сильфонных компенсаторов должны быть установлены под углом 90 ° к плоскости движения.
- Покрытие сильфонов асбестом без хлорита с целью предотвращения воздействия искр при сварке.
- Для фланцевых соединений; центрирование прокладок, выравнивание болтов и затягивание по диагонали.
- Предотвращать возникновение непредвиденного давления и кручения во время установки.
- Внутренняя и наружная очистка сильфонов от вредных веществ до и после установки.
- Использовать другие методы подбора или спросить производителя о том, предполагаются ли боковые и угловые смещения.

c-Советы по эксплуатации:

- Предотвращать чрезмерные удары, которые могут возникнуть при неправильной установке, гидравлическом ударе и т.д.
- Очищать внутреннее пространство сильфонных компенсаторов от продуктов коррозии максимально возможным образом.

Угловые сильфонные компенсаторы

V.1 Определение:

Угловые сильфонные компенсаторы используются для поглощения смещения в двух или трех измерениях при одновременном изменении направления. Особенно в тех случаях, когда боковое смещение слишком велико, угловые сильфонные компенсаторы должны быть использованы в виде групп по два или три компенсатора. В зависимости от количества плоскостей, в которых возникают смещения, возможны различные конструкции. Эти конструкции будут рассмотрены в настоящей главе.

Конструкции бокового сильфонного компенсатора для тяжелых условий работы, которая была определена ранее в главе IV-1, могут быть также использованы в приложениях с угловыми сильфонными компенсаторами. Шарнирные сильфонные компенсаторы, разработанные для условий тяжелой работы, могут поглощать смещения при расширении, а также воспринимать нагрузку трубы.

Помимо одношарнирного сильфонного компенсатора, который показан на рис. 1-10, доступны также двушарнирные угловые сильфонные компенсаторы. Двушарнирные угловые компенсаторы допускают смещения во всех направлениях. Рис 1-13 демонстрирует, что область смещения двушарнирного сильфонного компенсатора представляет собой конический объем.

В настоящей главе будут рассмотрены различные приложения как для одношарнирных, так и для двушарнирных сильфонных компенсаторов.

Угловые сильфонные компенсаторы имеют те же типы соединения, что и другие типы компенсаторов.

- Приварной патрубок (рис. III-1)
- Свободный фланец (рис. III-2)
- Неподвижный фланец (рис. III-3)

Как было указано ранее, сильфонные компенсаторы как сварного, так и фланцевого типов могут быть изготовлены в соответствии с любым стандартом соединения или по специальному заказу. При выборе соединений с плавающим фланцем основным аргументом являются соображения экономии. С другой стороны, при использовании отвакуумированных соединений или различных выравнивающих соединений может возникнуть необходимость обязательного применения неподвижных фланцевых соединений.

V.2 Угловой сильфонный компенсатор, работающий в одной плоскости

Приложения угловых сильфонных компенсаторов можно подразделить на две группы в зависимости от того, используются ли компенсаторы в одной или нескольких плоскостях. Оба этих типа приложений могут осуществляться по-разному. Основные принципы использования будут определены в соответствии с рисунками, представленными в следующих разделах

V.2.a Угловой сильфонный компенсатор, работающий в одной плоскости:

В одной плоскости возможно четыре различных типа применения угловых компенсаторов.

i- величина смещения трубопроводов при расширении поглощается двумя сильфонными компенсаторами, которые являются подвижными в двух направлениях и расположены вертикально по отношению к направлению трубопровода (Рис. IV-1).

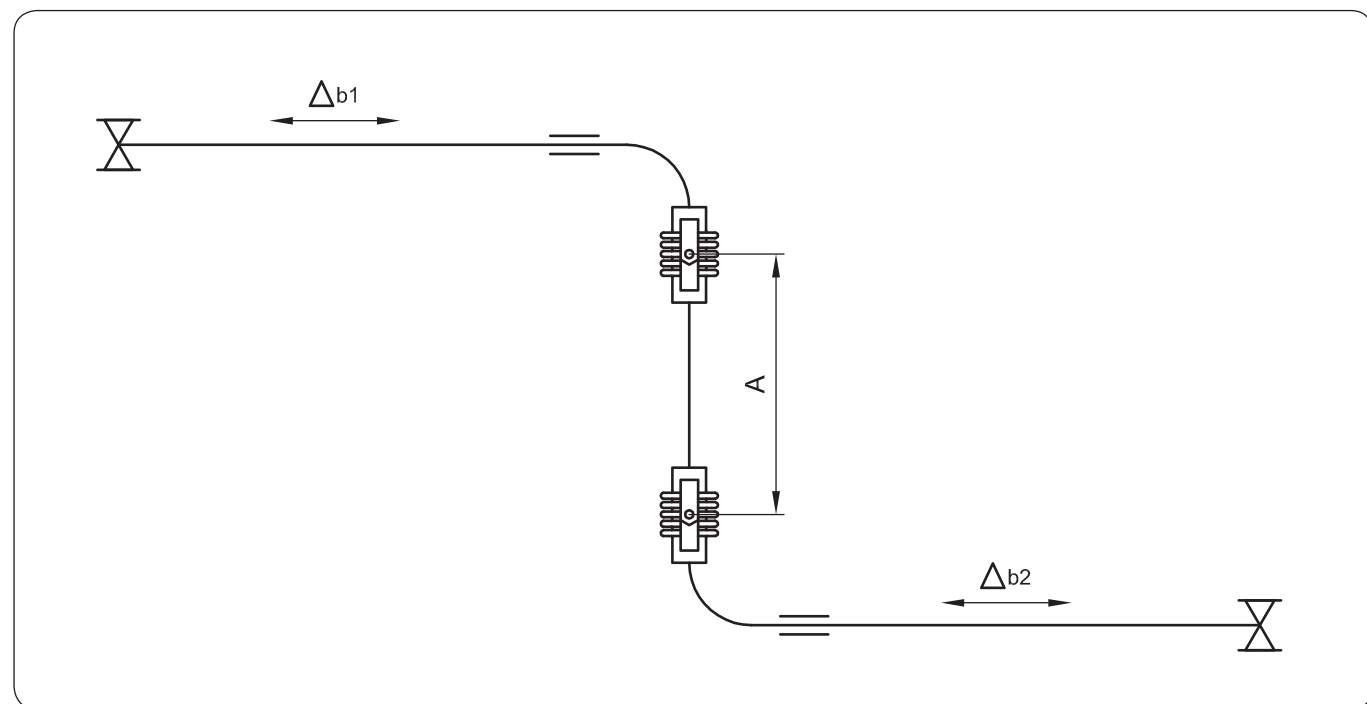


Рисунок V-1

ii- U-образные угловые сильфонные компенсаторы могут быть использованы для поглощения расширения в очень длинных трубопроводах. В этом типе приложений величина смещения поглощается тремя сильфонными компенсаторами, подвижными в двух направлениях. Угловые сильфонные компенсаторы приложения являются особенно предпочтительными, поскольку они позволяют сэкономить пространство и предлагают экономичные решения (Рис. V-2).

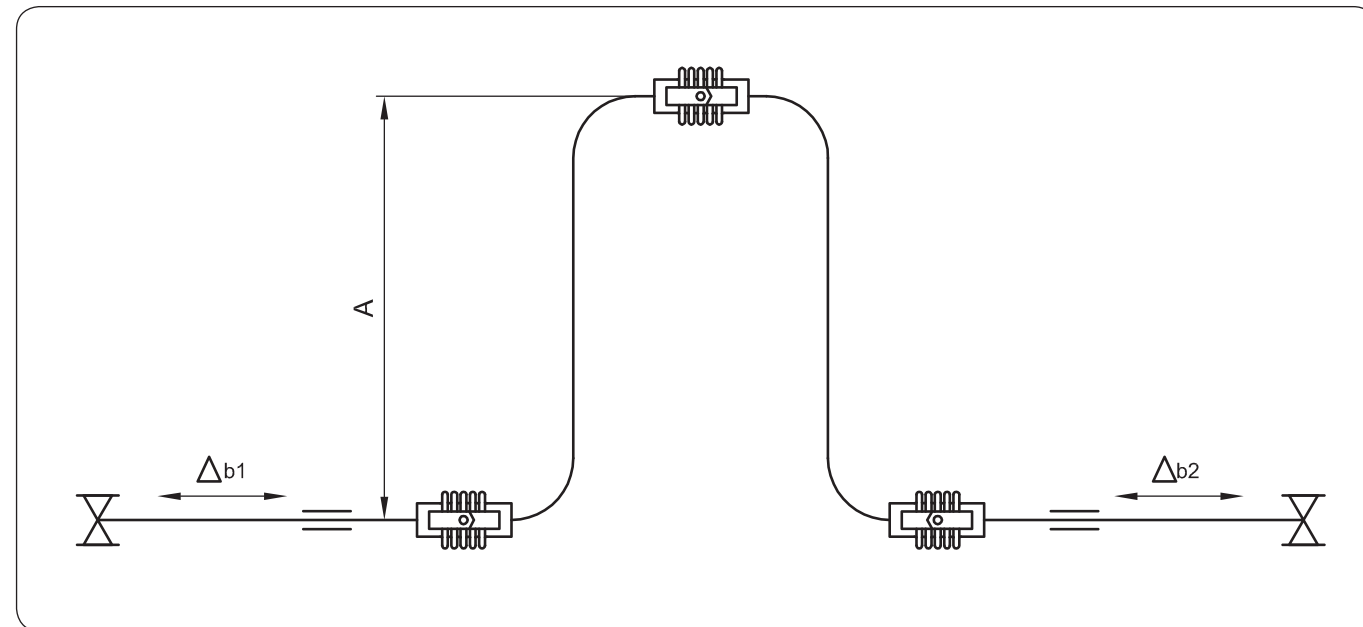


Рисунок V-2

iii- Еще одним типом использования компенсатора применительно в одной плоскости являются L-образные приложения. В этом типе приложений используются три сильфонных компенсатора, которые могут двигаться в двух направлениях. Сильфонный компенсатор особенно часто используется для поглощения расширения, происходящего вдоль вертикальной линии.

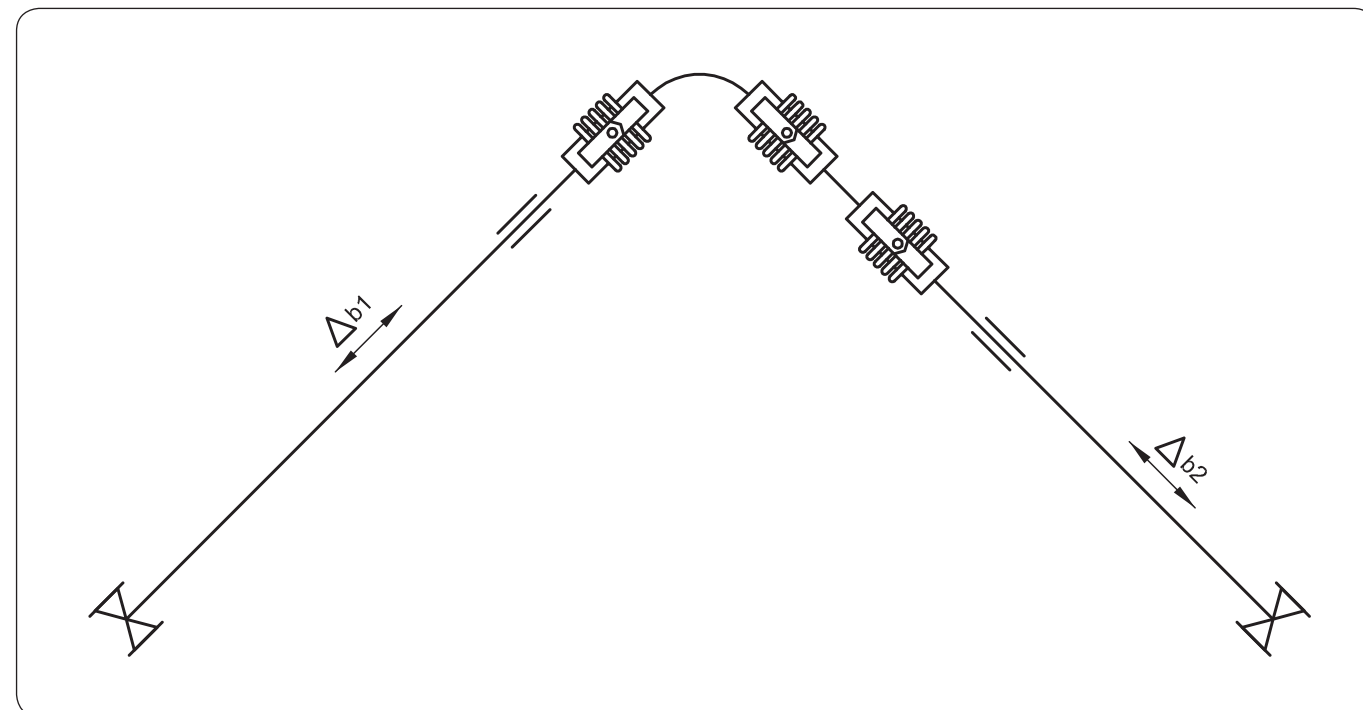


Рисунок V-3

iv- Принцип поглощений смещений в этом случае аналогичен принципу работы в L-образных приложениях. Смещение трубопровода поглощается промежуточной секцией, которая расположена вертикально по отношению к основной линии. Большой по размеру сильфонный компенсатор, способный совершать движение в двух направлениях, находится на участке более длинной трубы.

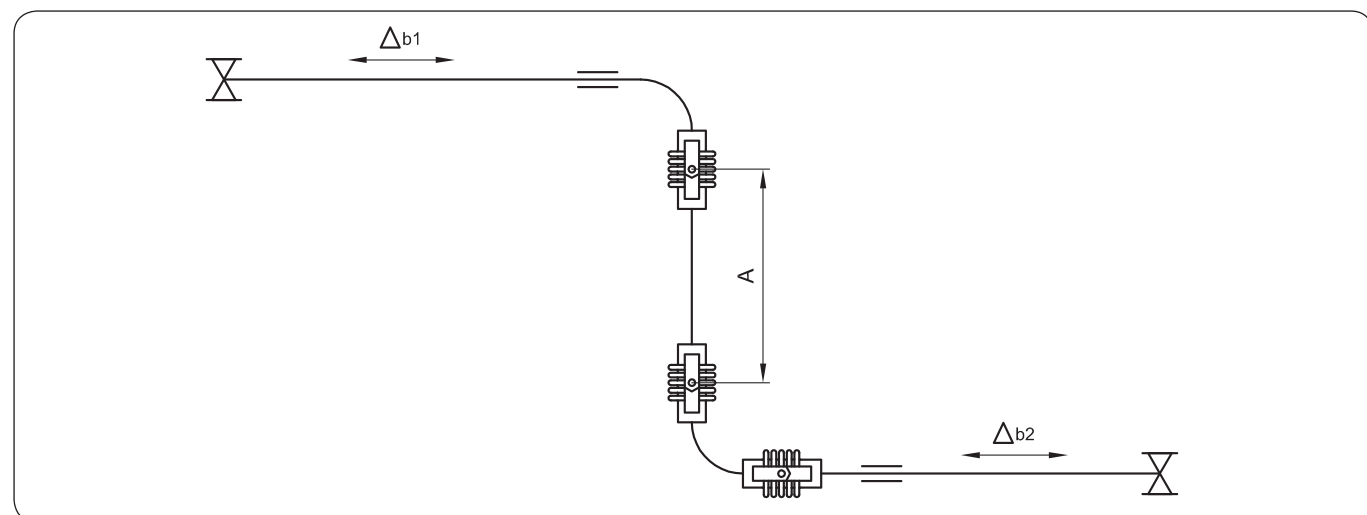


Рисунок V-4

V.2.b Сильфонные угловые компенсаторы, работающие в нескольких плоскостях:

Можно выделить три типа смещения угловых сильфонных компенсаторов, работающих в нескольких плоскостях.

i- Как это показано на рис V-5, два трубопровода находятся в одной плоскости и еще один в другой плоскости. Средняя часть трубопровода, которая направлена вертикально, включает в себя два сильфонных компенсатора, подвижных в двух направлениях. Величина расширения этого трубопровода предполагается настолько малой, что ею можно пренебречь.

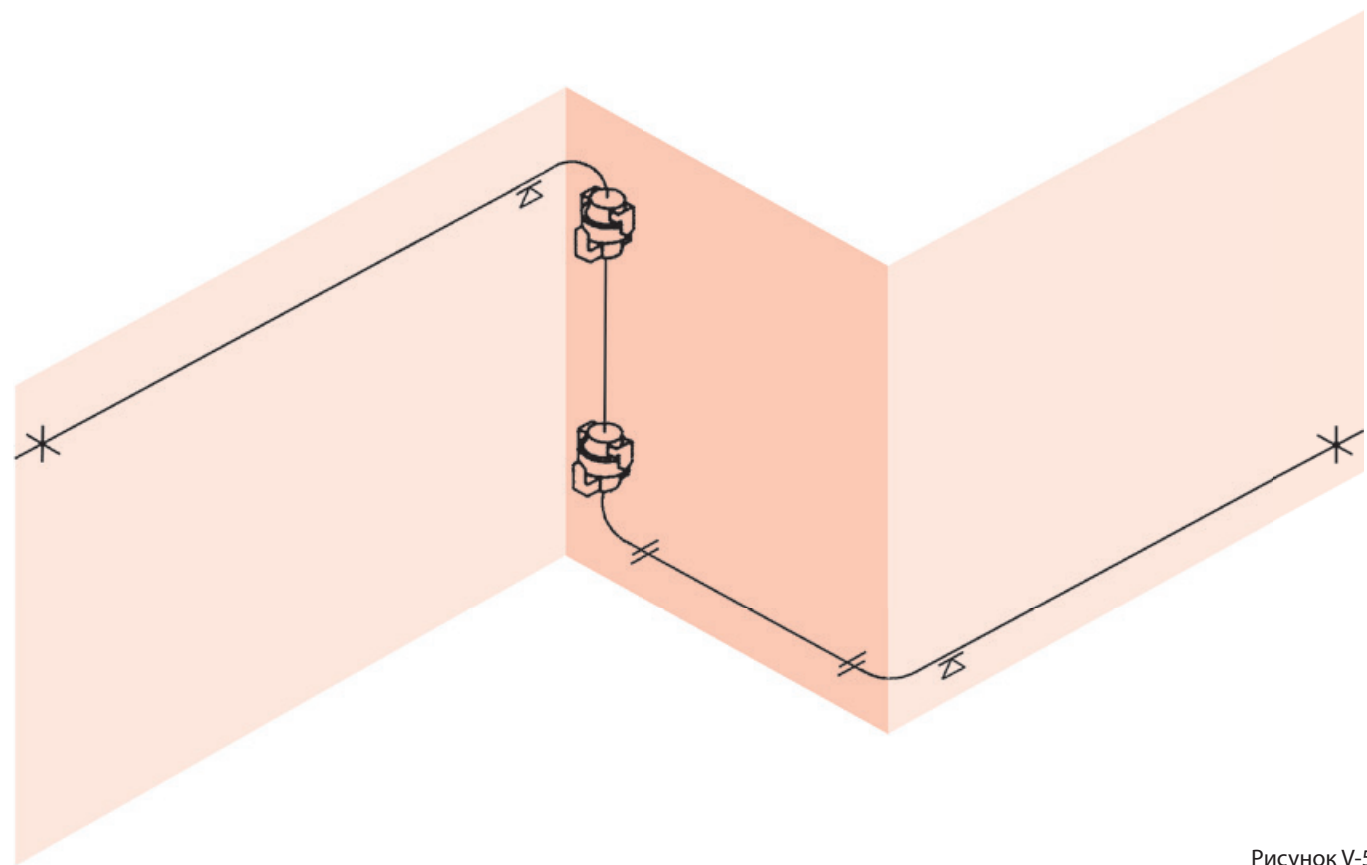


Рисунок V-5

ii- Трубопровод, приведенный на рис. V-6, имеет такую же конфигурацию, что и предыдущий. Трубопровод Z-формы с конфигурацией в нескольких плоскостях состоит из двух сильфонных компенсаторов, подвижных в двух направлениях, и еще одного сильфонного компенсатора, подвижного во всех направлениях. Последний должен быть помещен в конце более длинной трубы.

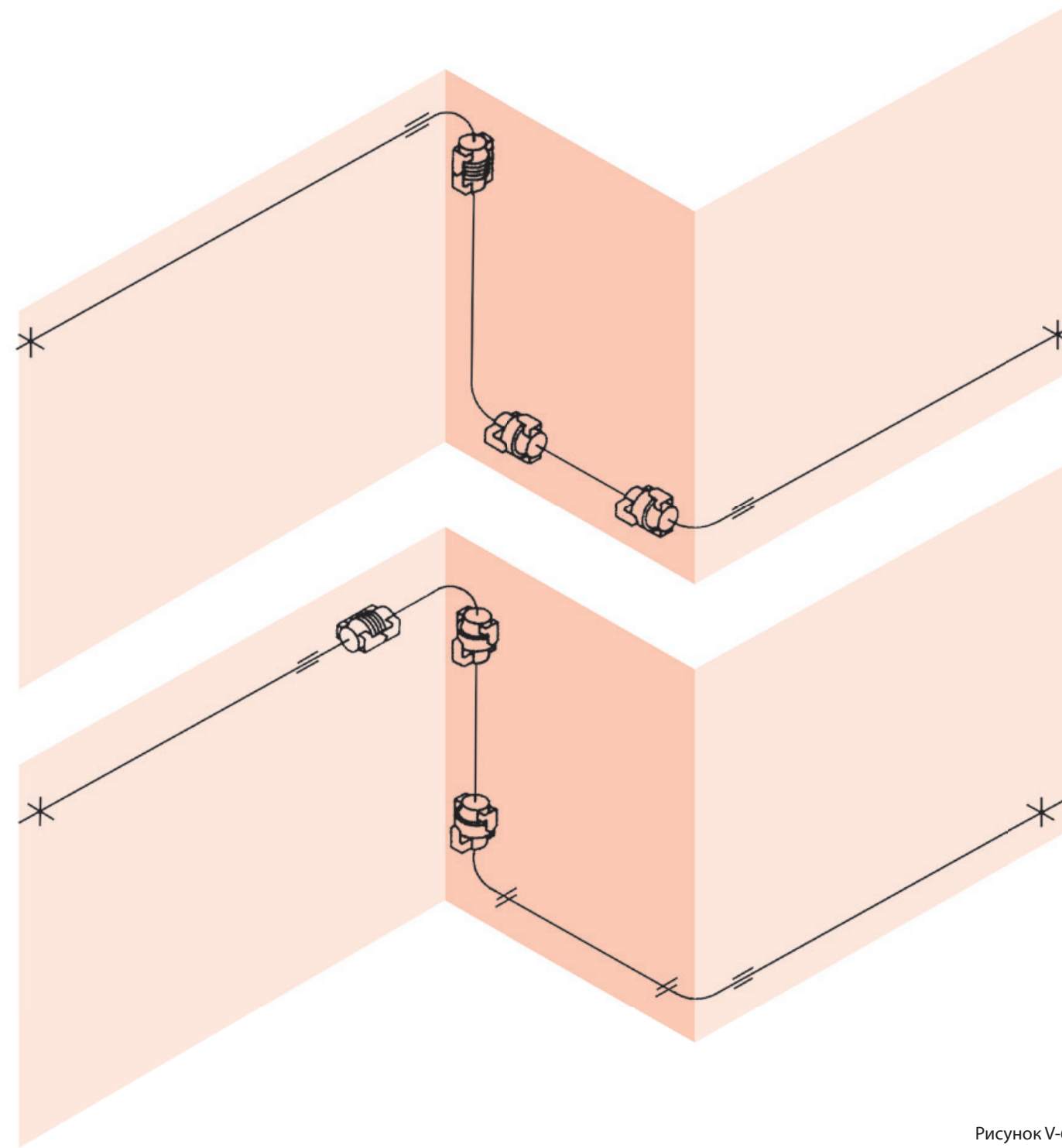


Рисунок V-6

iii- Трубопровод, приведенный на рис. V-6, имеет на одну плоскость больше по сравнению с предыдущим примером. Один сильфонный компенсатор, подвижный в двух направлениях, располагается на горизонтальном трубопроводе, а два сильфонных компенсатора, подвижных во всех направлениях, размещаются на вертикальном трубопроводе.

В качестве вывода можно сказать, что сильфонные компенсаторы должны применяться в соответствии с системой таким образом, чтобы в конфигурациях трубопроводов с несколькими плоскостями поглощать возникающие при расширении смещения.

V-3 Определение номинального давления:

После сбора данных о рабочем давлении, рабочей температуре и материале сильфонного компенсатора, номинальное давление рассчитывается, как указано в главе II.1a

V-4 Разделение трубопровода на секции:

Разделение трубопровода на секции неизбежно в следующих условиях;

- Если трубопровод содержит слишком много колен в разных плоскостях.
- Если трубопровод слишком длинный.
- Если предполагается, что опорные элементы должны нести на себе общий вес трубы и жидкости.

V.5 Выбор типа углового сильфонного компенсатора для использования в одной и нескольких плоскостях:

Выбор типа угловых сильфонных компенсаторов, описанный в главе V-2, зависит от следующих условий:

- При наличии достаточно места для их использования.
- Если доступны несколько методов использования компенсатора, то необходимо принять во внимание экономические факторы.

V.6 Расчет величины смещения для систем с угловым сильфонным компенсатором:

Как было определено в главе IV на примере 1, величина расширения в каждом измерении должна представлять собой векторную сумму для того, чтобы определить общее смещение системы, которая подвижна в нескольких плоскостях.

Типы приложений, рассмотренные в предыдущих разделах данной главы, проиллюстрировали трубопроводы, которые работают в нескольких плоскостях и расположены по отношению друг к другу вертикально. Общая величина расширения трубопроводных систем данных типов рассчитывается по формулам (4.1.a) и (4.1.b).

Если трубопроводы соединяются друг с другом под углом, то тогда для расчета суммарной величины расширения необходимо применить простой метод косинусов. Расширение в первом измерении обозначено как Δ_1 , а во втором - Δ_2 а угол между трубопроводами обозначен как Δ .

Суммарная величина расширения рассчитывается по формуле, приведенной ниже.

$$\Delta = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 - 2 \Delta_1 \Delta_2 \cos \alpha} \quad (5.1)$$

Величина расширений типов компенсаторов, представленных в главе V.2.a и V.2.b, рассчитывается по формулам, приведенным ниже.

V.2.ai: Оба трубопровода находятся в одной плоскости и имеют одинаковые направления.

$$\Delta = \Delta_1 + \Delta_2 \quad (5.2)$$

V.2.a.ii: Необходимо использовать формулу 5.2

V.2.a.iii: Оба трубопровода находятся в одной и той же плоскости, но имеют разные размеры

$$A = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2} \quad (5.3)$$

V.2.a.iv: Величиной расширения промежуточного трубопровода можно пренебречь, общее расширение рассчитывается как сумма расширений горизонтальных трубопроводов. (Формула 5.2)

V.2.bi: Хотя трубопроводы и находятся в одной плоскости, следует использовать формулу 5.3, так как имеет место двумерное расширение

V.2.b.ii: Должна быть применена формула 5.3.

V.2.b.iii: Это происходит потому, что трубопроводом 2 можно было бы проигнорировать, общий сильфонный компенсатор рассчитывается по формуле ниже.

$$\Delta = \sqrt{(\Delta_{1a} + \Delta_{1b})^2 + \Delta_3^2} \quad (5.4)$$

Угловых сильфонные компенсаторы для применения в основных приложениях приведены выше, но по желанию заказчика производитель может выполнить их для любого другого типа приложений. За счет применения угловых сильфонных компенсаторов возможна реализация поглощения расширений с минимальной потерей пространства.

После сбора данных по величине полного расширения и максимального смещения, расстояние между двумя сильфонными компенсаторами может быть рассчитано по следующей формуле.

$$A = \Delta / \sin \alpha$$

Угловое смещение $\alpha < 15^\circ$

$$\sin \alpha = \alpha \times \pi / 180 = 0.01745 \alpha$$

$$A = 28.6 \Delta / \alpha \quad (5.5)$$

Это происходит потому, что α приведены в градусах, размерность A равна размерности Δ . Для того, чтобы облегчить применение формулы 5.5, можно использовать Рис. V-8.

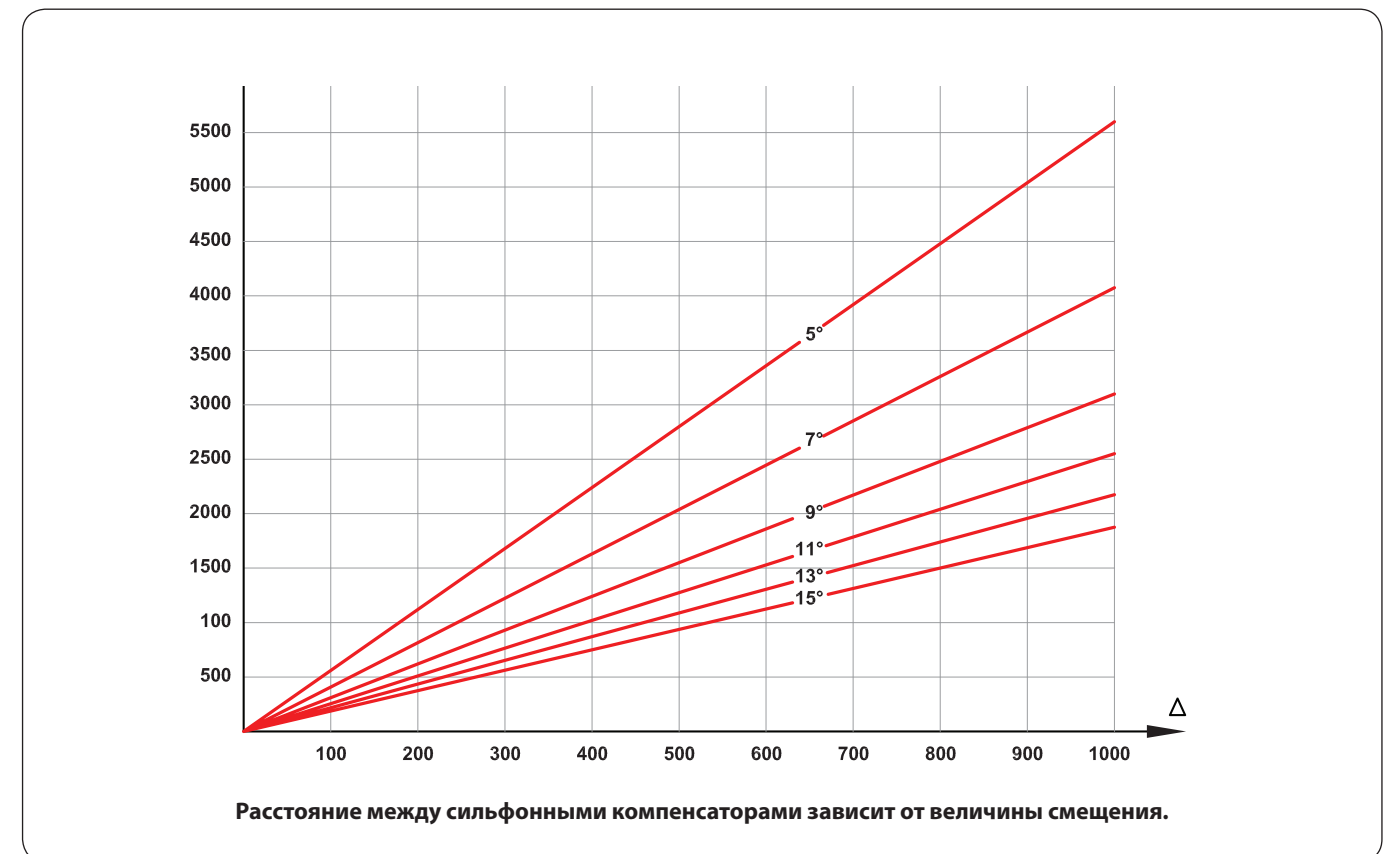


Рисунок V-8

V.7 Предварительное растяжение:

Исходные данные:

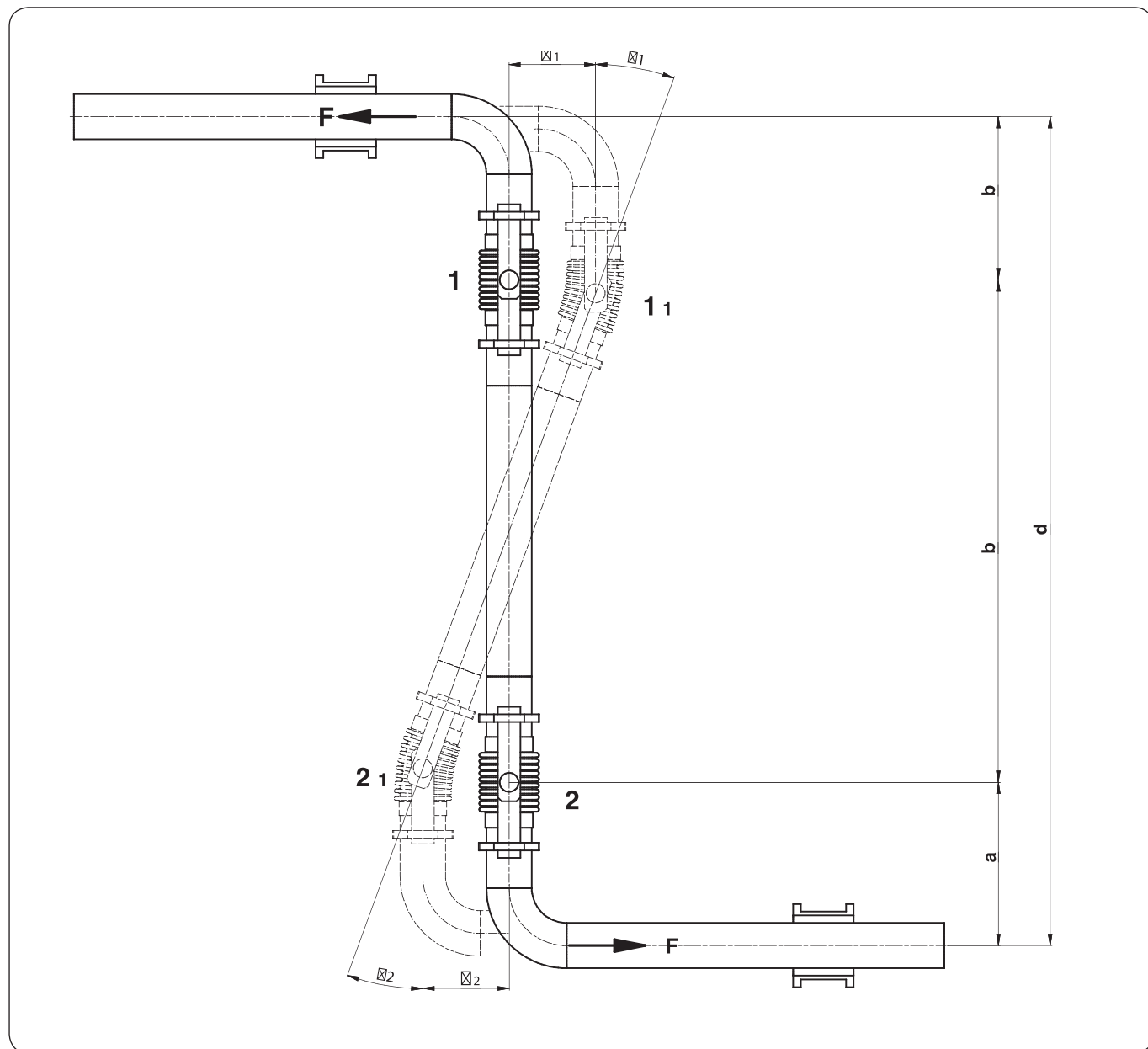
Величина и направление предварительного натяга, которая для осевых и боковых сильфонных компенсаторов рассчитывается в соответствии с аналитическими методами, для угловых сильфонных компенсаторов не может быть рассчитана только по одной формуле. Каждое приложение имеет свой уникальный метод расчета. Предварительное растяжение для каждого приложения, рассмотренного в главе V-2, будет рассчитываться на основе примеров, приведенных в следующей главе.

Диаметр трубы	: 150 мм
Тип трубы	: 120
Материал трубы	: Углеродистая Сталь
Длина трубы (верхняя)	: 70 м
Длина трубы (нижняя)	: 90 м
Жидкость	: Горячая Вода
Макс. давление	: 7.0 атм
Температура при установке	: +15°C
Средняя температура	: +90°C
Макс. температура	: +130°C
Величина трения	: 0.5

V.8 Примеры:

Пример 1: (Рис. V-9)

Даны два длинных трубопровода на двух разных уровнях и в двух разных плоскостях. Применение угловых сильфонных компенсаторов может оказаться экономически более выгодным решением по сравнению с использованием осевых сильфонных компенсаторов, установленных на обычном расстоянии.



Применение угловых сильфонных компенсаторов на одной пластине

Рисунок V-9

В соответствии с этими значениями проводятся следующие вычисления.

Эффективная площадь поперечного сечения сильфонного компенсатора с номинальным диаметром 150 мм составляет 268 см².

Максимальная температура +130 °С, значение С находится из рисунка II.3 и равно 0,84 для материала из нержавеющей стали 304.

Номинальное давление=7,0/0,84=8,33 атм

Для того, чтобы справиться с этими значениями, выбран верхний класс давления в 10 атм. Значения ниже взяты из таблицы в главе IX.

Вес трубы : 54,16 кг/м
Вес жидкости : 15,33 кг/м
Общий вес : 69,46 кг/м

Это происходит потому, что температура сборки ниже средней температуры, средняя температура принимается равной +15 °С.

Темп.:	Расширение
+15°С	= -6.5 мм/100 м
+130°С	= +126.0 мм/100 м

$$\begin{aligned} \delta_1 &= -4.6 \text{ мм} \\ \delta_2 &= -5.9 \text{ мм} \\ \delta_{1+} &= 88.2 \text{ мм} \\ \Delta_{2+} &= 113.4 \text{ мм} \\ \Delta_1 &= 88.2 - (-4.6) = 92.8 \text{ мм} \\ \Delta_2 &= 113.4 - (-5.9) = 119.3 \text{ мм} \\ \Delta &= \Delta_1 + \Delta_2 = 119.3 + 92.8 = 212.1 \text{ мм} \end{aligned}$$

В предположении, что сильфонные компенсаторы в состоянии допустить угловое смещение в $\pm 15^\circ$, длина промежуточной трубы рассчитывается как;

$$A = 28.6 \times 212.1/15 = 405 \text{ мм}$$

На этой стадии можно осуществить подбор сильфонного компенсатора. Подбираем сильфонный компенсатор класса 10 атм с номинальным диаметром 50 мм, который может совершать угловой поворот на 15° и имеет 8 гофр. Угловой коэффициент жесткости этого компенсатора составляет 470 кг/м². Величина смещения, которая является результатом максимального углового смещения, рассчитывается по следующей формуле.

$$M = k_A \times \alpha \quad (5.6)$$

α представляет макс. угловое смещение. Сила, обусловленная этим смещением, может быть рассчитана как;

$$f_5 = 2M/A \quad (5.7)$$

$$\begin{aligned} M &= 4.70 \times 15 = 70.50 \text{ кг-м} \\ f &= 2 \times 70.500/0.405 = 348.1 \text{ 5 кг} \end{aligned}$$

Сила, необходимая для проектирования неподвижной опоры, является силой трения, которая обусловлена общим весом трубопровода и транспортируемой через него жидкости. Эта сила рассчитывается по формуле 3.3. Ниже представлены величины для верхнего и нижнего трубопроводов.

$$f_3 = 0.5 \times 69.49 \times 70 = 2432.2 \text{ кг (верхний трубопровод)}$$

Эти формулы применяются для приведенного выше примера следующим образом.

$$f_3 = 0.5 \times 69.49 \times 90 = 3127.1 \text{ кг (нижний трубопровод)}$$

Данные расчеты показывают, что необходимо предусмотреть неподвижную опору так как она может противостоять силе, равной 2432.2 + 348.2 = 2780.4

$$\text{кг} + 348.2 = 3475.3 \text{ кг}$$

В данном примере можно легко рассчитать величину предварительного растяжения, которая была рассмотрена в главе V.6. Так как температура сборки и средняя температура совпадают по значению, то предварительный натяг должен равняться половине величины расширения
 $P = \Delta/2 = 212.1/2 = 106.1 \text{ мм}$

Полученный результат доказывает, что необходимо установить только две неподвижные опоры на обоих концах трубопровода. С другой стороны, в соответствии с правилами ЕЖМА, направляющие опоры должны быть расположены после того, как приложен предварительное растяжение. Первая направляющая опора должна находиться на расстоянии 600 мм от начала трубопровода, а вторая направляющая опора должна быть расположена на расстоянии 2,1 м от первой направляющей.

Расстояния между другими направляющими опорами задаются в соответствии с Рис. II.5. Для номинального диаметра в 150 мм и давления 7,0 атм направляющие опоры следует применять через каждые 12.8 м.

Пример 2: (Рис. V-10)

Этот пример отражает приложения, которые предназначены для поглощения расширения очень длинных трубопроводов. В таких случаях предпочтительным является использование простых и экономичных U-поворотов на 180 градусов вместо приложений типа Ω , которые требуют наличия большого пространства. Системы с сильфонным компенсатором U-формы, как правило, располагаются в центре трубопроводных систем для того, чтобы обеспечить симметричное распределение напряжений.

Общее угловое смещение, обусловленное тремя угловыми сильфонными компенсаторами, два из которых расположены на трубопроводе и один в основании U-образной системы, такое же, что и общее смещение двух других сильфонных компенсаторов. Длина руковов U-линии рассчитывается в зависимости от общего суммарного расширения.

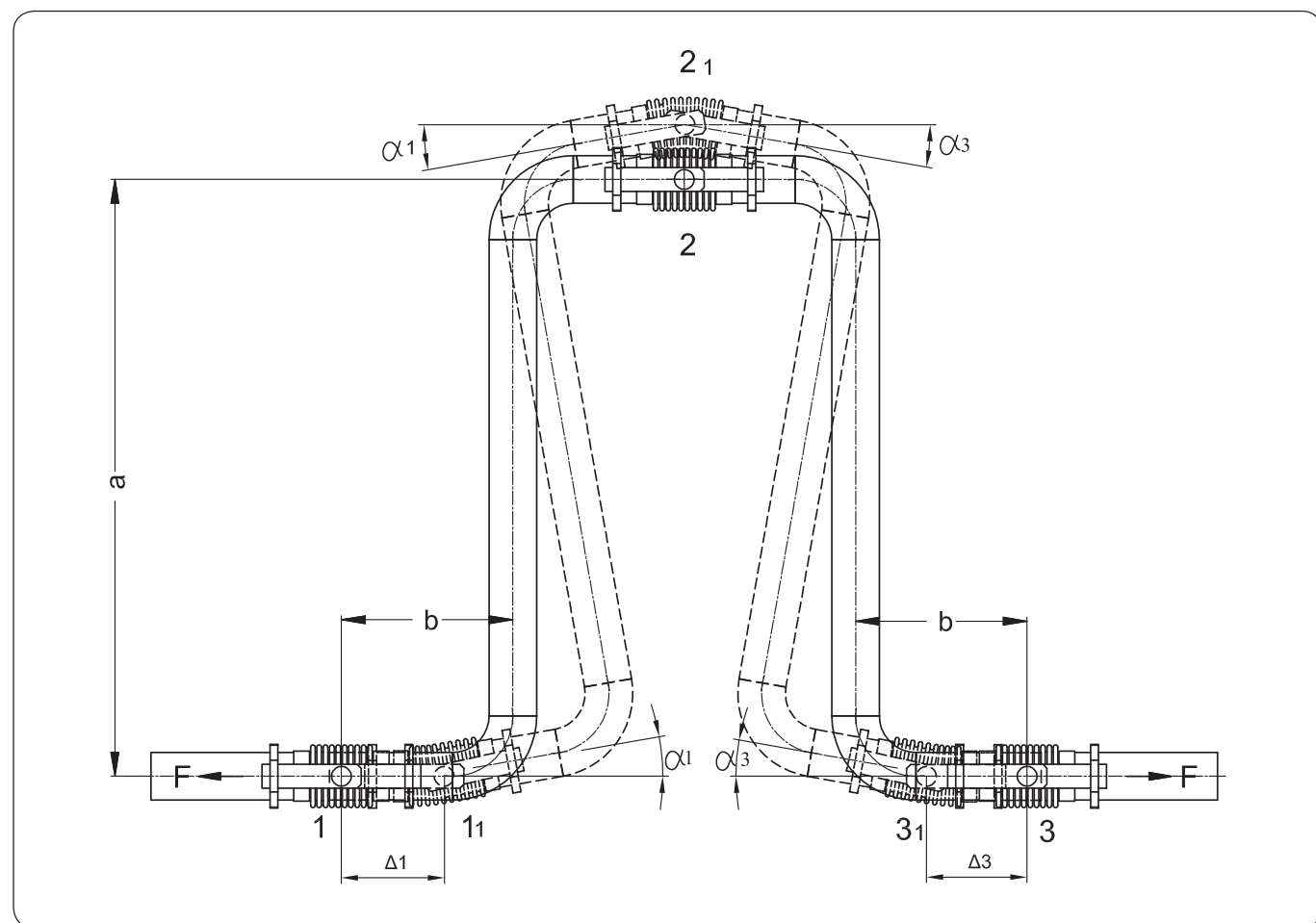
Ниже приведены данные, необходимые для примера 2.

Размер трубы	: 200 мм
Материал трубы	: углеродистая сталь
Длина всего трубопровода	: 300 м
Жидкость	: Газ (СНГ)
Макс. давление	: 14.0 атм
Температура при сборке	: +21°С
Средняя температура	: +70°С
Макс. температура	: - 10°С
Величина трения	: 0.4

Значение С для сильфонного компенсатора, который сделан из нержавеющей стали 304L, составляет 0,9 при +70 °С. В результате этого, номинальное давление рассчитывается как 14/0,9 = 15,6 атм. Выбирается верхний класс давления в 16 атм.

Вес трубы	: 100,85 кг/м
Вес жидкости	: 16,0 кг/м
Общий вес	: 116,85 кг/м

Темп.:	Расширение
-10°С	-33.0 мм/100 м
+21°С	0 мм/100 м
+70°С	56.2 мм/100 м
δ_-	$= -33 \text{ мм/100 м} \times 300 \text{ м} = -99 \text{ мм}$
δ_0	$= 0 \text{ мм}$
δ_+	$= +56.2/100 \text{ м} \times 300 \text{ м} = 168.6 \text{ мм}$
Δ_+	$= \delta_+ - \delta_0 = 168.6 \text{ мм}$
Δ_-	$= \delta_0 - \delta_- = 99 \text{ мм}$
Δ	$= \Delta_+ + \Delta_- = 267.6 \text{ мм}$



Ω применяется для длинных трубопроводов

Рисунок V-10

При допущении наличия углового смещения в 15°

$$A = 28.6 \times 267.6 / 15 = 510.2 \text{ мм}$$

По определению глубина U-системы равна 510.2 мм. На этом этапе должен быть осуществлен подбор сильфонного компенсатора. Подбирается сильфонный компенсатор с диаметром 200 мм, соответствующий классу давлений на 16 атм, допускающий угловые смещения на 15°. Количество гофр в этом сильфоне компенсаторе получается равным 16. Величина углового коэффициента жесткости сильфонного компенсатора равна:

Если $kA = 20.6 \text{ кг-м}^\circ$
используется уравнение (5.6)
 $M = 20.6 \times 15 = 309 \text{ кг-м}$
 $f = 2M/A = 2 \times 309 / 0.510 = 1209 \text{ кг}$

Если предполагается, что сильфонный компенсатор смонтирован в середине U-образной системы с двумя трубопроводами, каждый из которых имеет длину 150 м, то необходимо провести исследование обоих концов сильфонного компенсатора. Ввиду этого величина f_3 определяется следующим образом.

$$f_3 = 0.4 \times 116.85 \times 150 = 7011.0 \text{ кг}$$

Каждая из неподвижных опор, расположенных с обоих концов трубопровода, должна быть спроектирована таким образом, чтобы быть способной противостоять нагрузке в 8220.0 кг. Величина предварительного натяга рассчитывается по формуле 4.3, как это уже было описано.

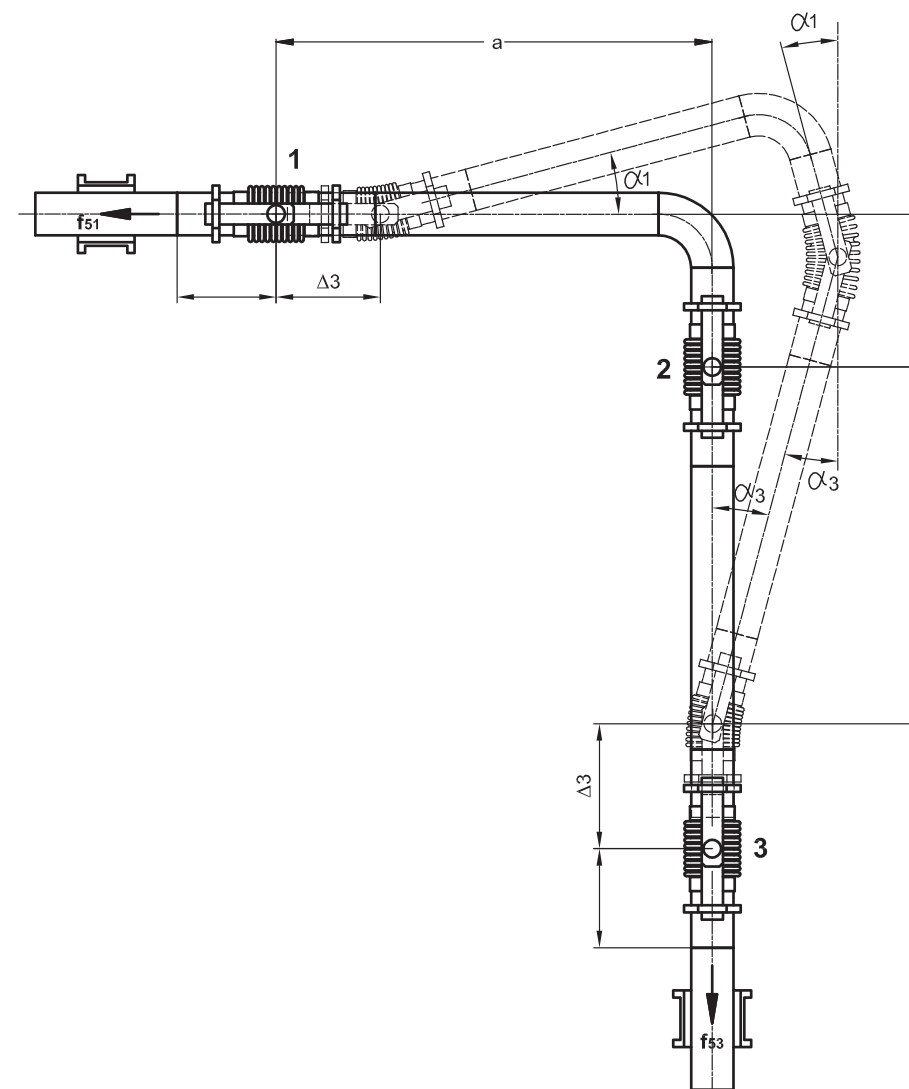
$$P = \frac{1}{2} |168.6 - 99.0| = 34.8 \text{ мм}$$

Направляющие опоры должны быть выполнены в соответствии с тем, как это было описано на предыдущем примере. Первая направляющая опора должна располагаться на удалении 800 мм от сильфонного компенсатора, а вторая направляющая опора должна быть установлена на расстоянии 2.8 м. В соответствии с рисунком II-5, для сильфонного компенсатора диаметром 200 мм и давлением 13 атм направляющие опоры должны располагаться через каждые 12,5 м.

Пример 3: (V-11)

Использование углового сильфонного компенсатора L-типа с одиночной диафрагмой, представленное в разделе V.2a iii можно объяснить на данном примере.

Система, представляющая собой очень длинные трубопроводы с большим количеством колен, снабжена 3 угловыми



Применение углового сильфонного компенсатора L-типа в одной плоскости

Рисунок V-11

сильфонными компенсаторами, способными к смещениям в двух направлениях. Сначала мы должны принять значения величин a, b и c . Эти принятые значения величин могут быть заменены на реальные значения после подбора конкретного сильфонного компенсатора.

Ввиду причин, рассмотренных выше, поскольку величины a, b, c заданы, угловое смещение сильфонного компенсатора, обозначенного номером 1, и подсоединенного горизонтально;

$$\alpha_1 = \sin^{-1} (\Delta_3 / 2a) \quad (5.8)$$

Угловое смещение сильфонного компенсатора, обозначенного номером 3, и подсоединенного вертикально с нижней стороны;

$$\alpha_3 = \sin^{-1} \left\{ \frac{\Delta_1 + b \times \frac{\Delta_3}{a}}{2 \times c} \right\} \quad (5.9)$$

вычислены по приведенным выше формулам. Здесь представляет собой горизонтальные и вертикальные смещения трубы. Угловое смещение сильфонного компенсатора, обозначенного номером 2, представляет собой сумму двух других углов.

$$\alpha_2 = \alpha_1 + \alpha_3 \quad (5.10)$$

Количество движения, обусловленное угловыми сильфонными компенсаторами, вычисляется по формуле 5.6. После вычисления величин M₁, M₃ и M₂, получается еще одна формула для расчета сил, возникновение которых обусловлено угловым смещением. Эта формула получается способом, аналогичным 5.7.

$$f_{s1} = (M_2 + M_3)/c \quad (5.11)$$

$$f_{s3} = (M_2 + M_1)/a \quad (5.12)$$

Величины моментов сил трения рассчитываются по формуле 3.3. После расчета всех этих величин описанным выше способом проектирование неподвижных опор завершается.

Для объяснения параметра, представленного выше, приводится следующий пример.

Диаметр трубы	: 250 мм
Материал трубы	: Углеродистая сталь
Длина трубы (горизонтальной)	: 90 м
Длина трубы (вертикальной)	: 70 м
Тип соединения	: Неподвижный фланец
Жидкость	: Горячая вода
Макс. давление	: 10 атм
Температура сборки	: +25°C
Мин. температура	: -30°C
Макс. температура	: +140°C
Коэффициент трения	: 0.3

Для компенсатора из нержавеющей стали (AISI 304L) при температуре + 140°C; C=0.83. Номинальное давление =10.0/0.83 = 12.05 атм. Следует выбрать верхний класс давления 13 атм.

Суммарный вес трубы и жидкости составляет 158.57 кг/м

Температура	Расширение
- 30°C	-54.7 мм/100 м
+25°C	4.5 мм/100 м
+140°C	140.4 мм/100м

Для горизонтальной трубы;

$$\begin{aligned} \delta_- &= -54.7 \times 0.9 &= -49.2 \text{ мм} \\ \delta_0 &= 4.5 \times 0.9 &= 4.1 \text{ мм} \\ \delta_+ &= 140.4 \times 0.9 &= 126.4 \text{ мм} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta_+ &= \delta_+ - \delta_0 &= 122.3 \text{ мм} \\ \Delta_- &= \delta_0 - \delta_- &= 53.3 \text{ мм} \\ \Delta_1 &= \Delta_+ + \Delta_- &= 175.6 \text{ мм} \end{aligned}$$

Для вертикальной трубы

$$\begin{aligned} \delta_- &= -54.7 \times 0.7 &= - 38.3 \text{ мм} \\ \delta_0 &= 4.5 \times 0.7 &= 2.9 \text{ мм} \\ \delta_+ &= 140.4 \times 0.7 &= 98.3 \text{ мм} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta_+ &= \delta_+ - \delta_0 &= 95.4 \text{ мм} \\ \Delta_- &= \delta_0 - \delta_- &= 41.2 \text{ мм} \\ \Delta_3 &= \Delta_+ + \Delta_- &= 136.6 \text{ мм} \end{aligned}$$

Для вертикальной трубы;

$$\begin{aligned} a &= 1500 \text{ мм} \\ b &= 900 \text{ мм} \\ c &= 1500 \text{ мм} \end{aligned}$$

Величины, которые будут использованы в формулах (5.8),(5.10)

$$\alpha_1 = \text{сдвиг} \cdot \text{м}^{-1} (136.6/2 \times 1500) = 2.6^\circ$$

$$\alpha_3 = \text{сдвиг} \cdot \text{м}^{-1} = \left\{ \frac{175.6 + 900 \times \frac{136.6}{1500}}{2 \times 1500} \right\} = 4.9$$

$$\alpha_2 = 2.6^\circ + 4.9^\circ = 7.5^\circ$$

В соответствии с проведенными выше расчетами, подбирается сильфонный компенсатор номер 2 с диаметром 250 мм, 18 гофраами из класса давления 16 атм.

$$(7.5^\circ < 12^\circ) k_A = 133 \text{ кг} - \text{м}/^\circ$$

Сильфонные компенсаторы 1 и 3 подобраны с количеством гофр, равным 4.

$$(4.9^\circ < 6^\circ) k_A = 266 \text{ кг} - \text{м}/^\circ$$

Формула 5.6 применима к каждому сильфонному компенсатору.

$$M_1 = 266 \times 2.6 = 691.6 \text{ кг} - \text{м}$$

$$M_3 = 266 \times 4.9 = 1303.4 \text{ кг} - \text{м}$$

$$M_2 = 133 \times 7.5 = 997.5 \text{ кг} - \text{м}$$

Действующие силы рассчитываются с помощью формул (5.11) and (5.12).

$$f_{s1} = (977.5 + 1303.4)/1.5 = 1533.9 \text{ кг}$$

$$f_{s3} = (977.5 + 691.6)/1.5 = 1126.1 \text{ кг}$$

Силы трения, обусловленные весом трубопровода.

$$f = 0.3 \times 158.57 \times 90 = 4281.4 \text{ кг}$$

$$f = 0.3 \times 158.57 \times 90 = 3330.0 \text{ кг}$$

В соответствии с этими расчетами, неподвижная опора для горизонтальной трубы должна быть спроектирована таким образом, чтобы противостоять сопротивлению в 5815.3 кг, а неподвижная опора для вертикальной трубы должна выдерживать сопротивление в 4456,1 кг. Величина желаемого сопротивления может быть рассчитана путем умножения этих значений на определенные коэффициенты безопасности.

Как было установлено выше, для обеспечения наилучших условий эксплуатации очень важно установить предварительного растяжения. Величина предварительного растяжения должна рассчитываться для каждой трубы индивидуально.

Используя формулу (4.3) для горизонтальной трубы,

$$P_y = \frac{1}{2} \left| 122.3 - 53.3 \right| = 34.5 \text{ мм}$$

Для вертикальной трубы;

$$P_d = \frac{1}{2} \left| 95.4 - 41.2 \right| = 27.1 \text{ мм}$$

Установка направляющих опор возможна после завершения предварительного растяжения.

Первая направляющая опора должна располагаться через 1000 мм после компенсаторов 1 и 3, вторая после компенсаторов 3 и 5.

Согласно (Рис. II.5) при давлении 10 атм. и диаметре 250 мм, направляющие опоры следует устанавливать через каждые 18.5 метров.

V-9 Изоляция:

Изоляция для угловых сильфонных компенсаторов применяется, как описано в главе IV.7 для боковых компенсаторов.

V.10 Изготовление Компенсаторов Углового Расширения:

а. Стадия планирования

- Сбор данных
- Определение номинального давления
- Расчет расширения и сжатия трубопровода
- Разделение трубопровода на секции
- Выбор компенсатора
- Определение предварительного растяжения
- Проектирование неподвижных и направляющих опор
- Проектирование изоляции

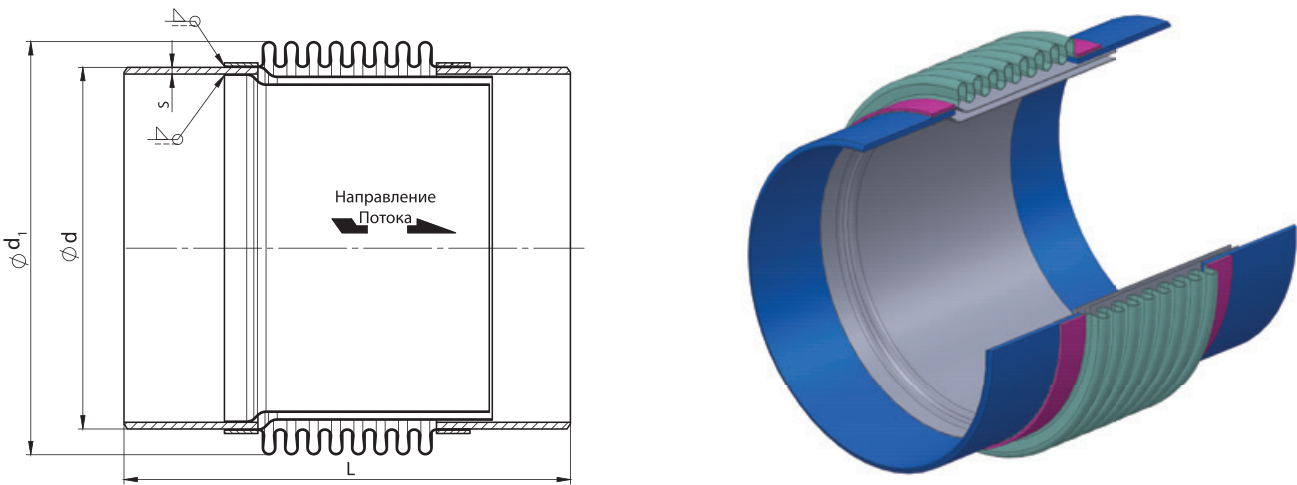
б. Стадия установки

- Защита гофры от механических повреждений
- Стяжки или шарниры, используемые для защиты боковых компенсаторов должны быть установлены под углом 90° к плоскости смещений
- Покрытие гофры асбестом без хлорита для защиты от брызг во время сварки
- Для фланцевых соединений: центрирование прокладок, выравнивание болтов и затягивание по диагонали.
- Предотвращение дополнительных давлений и крутящих моментов в процессе установки.
- Внутренняя очистка гофры от вредных веществ до и после установки
- Применение других методов выбора или обращение к производителю для определения боковых и угловых перемещений

с. Советы по эксплуатации:

- Не допускайте перегрузок вследствие неправильной установки, гидравлических ударов и т.п.
- Очищайте внутренние поверхности компенсаторов от коррозионных веществ насколько это возможно.

Компенсатор сильфонный осевой
с внутренним экраном КСОЭ

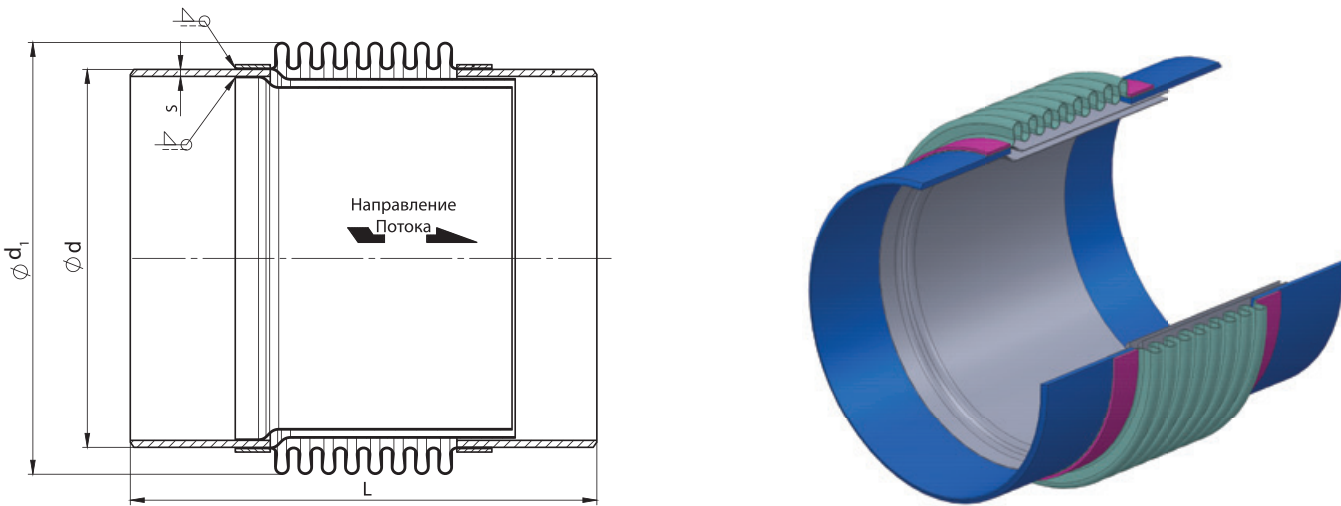


PN16

Условное Обозначение	DN	ØD мм	S мм	ØD ₁ мм	L мм	Осевое Смещение (± мм)	Циклы при 100% раб. ходе	Циклы при 50% раб.ходе	Циклы при 33,3% раб. ходе	Жесткость Н/мм	Эффективная Площадь см ²
КСОЭ - 16-50-60	50	57	3,5	73	345	±30	57	783	4127	249,5	33,09
КСОЭ - 16-65-70	65	76	3,5	95	345	±35	58	803	3805	319,3	57,57
КСОЭ - 16-80-70	80	89	3,5	112	355	±35	113	1639	8128	339,5	78,57
КСОЭ - 16-100-50	100	108	4	134	360	±25	95	1229	5570	280,2	114,47
КСОЭ - 16-100-100	100	108	4	134	365	±50	62	865	4240	413,7	114,47
КСОЭ - 16-125-50	125	133	4	160	370	±25	59	750	3357	400	171,17
КСОЭ - 16-125-100	125	133	4	160	375	±50	52	683	3171	346,5	171,17
КСОЭ - 16-150-50	150	159	4,5	189	385	±25	194	2396	10039	378,5	237,88
КСОЭ - 16-150-100	150	159	4,5	189	390	±50	75	996	4673	280,6	237,88
КСОЭ - 16-200-100	200	219	6	252	400	±50	66	881	4157	559	432,07
КСОЭ - 16-200-160	200	219	6	252	435	±80	51	681	3331	486,3	432,07
КСОЭ - 16-250-100	250	273	7	319	500	±50	152	2027	9516	542,3	697,75
КСОЭ - 16-250-160	250	273	7	319	615	±80	72	946	4515	478,2	697,75
КСОЭ - 16-300-100	300	325	7	372	530	±50	522	6560	28954	365,4	956,46
КСОЭ - 16-300-180	300	325	7	372	635	±90	65	839	4150	507,9	956,46
КСОЭ - 16-400-100	400	426	7	486	570	±50	381	5581	29099	903,6	1633,78
КСОЭ - 16-400-190	400	426	7	486	670	±95	107	1444	7164	722,8	1633,78
КСОЭ - 16-500-200	500	530	8	595	685	±100	159	2130	11359	658,4	2464,00
КСОЭ - 16-600-200	600	630	8	695	695	±100	124	1620	8413	636	3422,57
КСОЭ - 16-700-210	700	720	8	785	700	±105	151	1996	10112	768	4419,64
КСОЭ - 16-800-210	800	820	8	890	730	±105	194	2503	12314	726,1	5676,78
КСОЭ - 16-900-210	900	920	10	990	705	±105	192	2488	12251	816,4	7091,07
КСОЭ - 16-1000-220	1000	1020	10	1090	730	±110	154	1960	9118	884,6	8662,50
КСОЭ - 16-1200-220	1200	1220	12	1290	730	±110	160	2045	12007	1048	12276,78
КСОЭ - 16-1400-220	1400	1420	14	1490	735	±110	75	1000	6166	2290,3	16519,64

Расчетное давление : 16 бар
Расчетная температура : 250°C
Пробное давление : 20 бар
Материал сильфона : Нержавеющая Сталь 12Х18Н10Т (Опц. 08Х18Н10, 03Х16Н15М3, 10Х17Н13М2Т)
Материал экрана : Нержавеющая сталь 08Х18Н10 (Опц. 12Х18Н10Т, 03Х16Н15М3, 10Х17Н13М2Т)
Материал патрубка : Углеродистая сталь Ст3сп (Опц. ст.10, ст.20, 17ГС, 20К, Ст3кп)

Компенсатор сильфонный осевой
с внутренним экраном КСОЭ

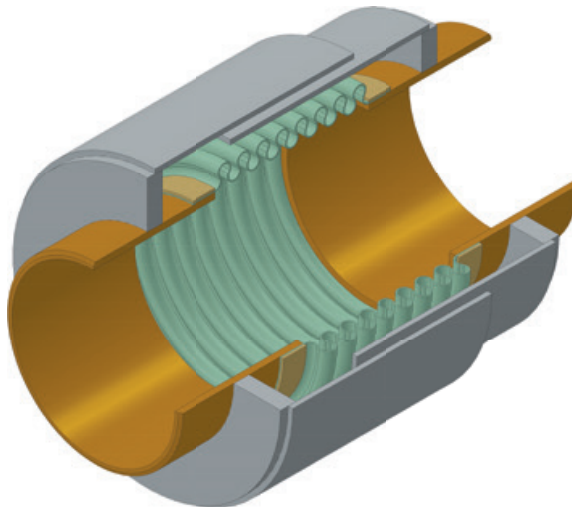
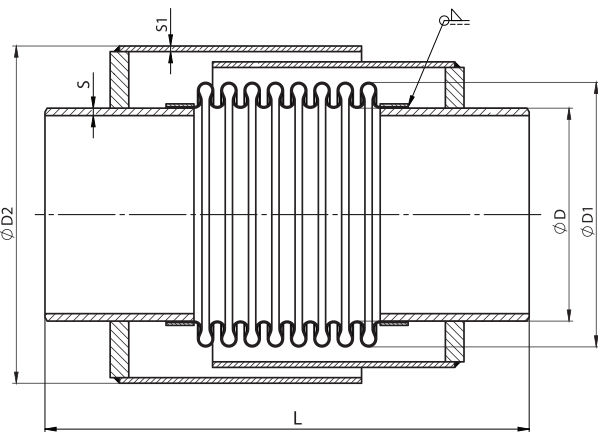


PN25

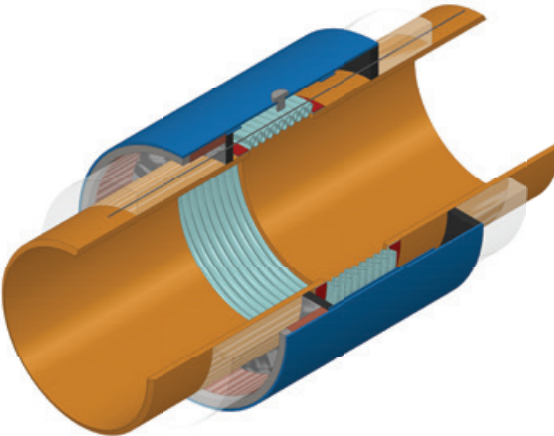
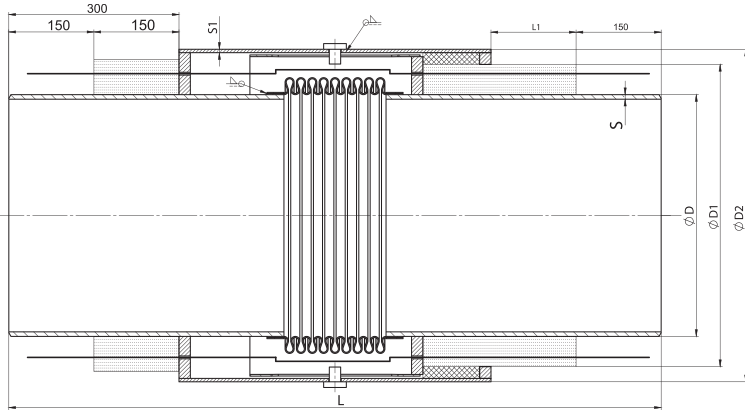
Условное Обозначение	DN	ØD мм	S мм	ØD ₁ мм	L мм	Осевое Смещение (± мм)	Циклы при 100% раб. ходе	Циклы при 50% раб. ходе	Циклы при 33,3% раб. ходе	Жесткость Н/мм	Эффективная Площадь см ²
КСОЭ - 25-50-60	50	57	3,5	73	350	±30	57	763	3935	435,1	33,09
КСОЭ - 25-65-60	65	76	3,5	95	350	±30	50	668	3382	383,2	57,57
КСОЭ - 25-80-70	80	89	3,5	112	360	±35	50	627	2698	424,4	78,57
КСОЭ - 25-100-50	100	108	4	134	365	±25	95	1222	5496	421,9	114,47
КСОЭ - 25-100-100	100	108	4	134	370	±50	50	631	2839	446,9	114,47
КСОЭ - 25-125-50	125	133	4	160	375	±25	140	1790	8009	418,3	171,17
КСОЭ - 25-125-100	125	133	4	160	380	±50	50	473	2179	665	171,17
КСОЭ - 25-150-50	150	159	4,5	189	400	±25	183	2473	11819	638,4	237,88
КСОЭ - 25-150-100	150	159	4,5	189	400	±50	53	674	2997	544,3	237,88
КСОЭ - 25-200-100	200	219	6	252	420	±50	51	666	3049	810,4	432,07
КСОЭ - 25-200-160	200	219	6	252	445	±80	50	638	2947	958,7	432,07
КСОЭ - 25-250-100	250	273	7	319	550	±50	59	753	3396	1254,7	697,75
КСОЭ - 25-250-160	250	273	7	319	625	±80	51	666	3140	1055	697,75
КСОЭ - 25-300-100	300	325	7	372	580	±50	77	994	4498	1245,4	956,46
КСОЭ - 25-300-180	300	325	7	372	635	±90	58	745	3651	990,3	956,46
КСОЭ - 25-400-100	400	426	7	486	625	±50	331	4128	18053	903,6	1633,78
КСОЭ - 25-400-190	400	426	7	486	680	±95	69	899	4295	1194,6	1633,78
КСОЭ - 25-500-200	500	530	8	595	695	±100	98	1226	5840	1039,9	2464,00
КСОЭ - 25-600-200	600	630	8	695	715	±100	84	1046	4945	1203,3	3422,57
КСОЭ - 25-700-210	700	720	8	785	710	±105	97	1214	5735	1204	4419,64
КСОЭ - 25-800-210	800	820	8	890	745	±105	109	1359	6410	1302,2	5676,78
КСОЭ - 25-900-210	900	920	10	990	720	±105	100	1233	5772	1438,1	7091,07
КСОЭ - 25-1000-220	1000	1020	10	1090	745	±110	84	1032	4628	1597,2	8662,50

Расчетное давление : 25 бар
Расчетная температура : 250°C
Пробное давление : 31,25 бар
Материал сильфона : Нержавеющая Сталь 12Х18Н10Т (Опц. 08Х18Н10, 03Х16Н15М3, 10Х17Н13М2Т)
Материал экрана : Нержавеющая сталь 08Х18Н10 (Опц. 12Х18Н10Т, 03Х16Н15М3, 10Х17Н13М2Т)
Материал патрубка : Углеродистая сталь Ст3сп (Опц. ст.10, ст.20, 17ГС, 20К, Ст3кп)

Компенсатор сильфонный
стартовый КССТ



Сильфонное компенсационное
устройство в ППУ изоляции



Условное Обозначение	DN	ØD мм	S мм	S ₁ мм	ØD ₁ мм	ØD ₂ мм	L мм	Осевое Смещение (±мм)	Жесткость Н/мм	Эффективная Площадь см ²
КССТ-25-80-80	80	89	4	4	111	152	350	(+0/-80)	361,5	78,57
КССТ-25-100-110	100	108	5	4	134	174	400	(+0/-110)	326,3	114,47
КССТ-25-125-110	125	133	5	4	163	194	450	(+0/-110)	402,8	171,17
КССТ-25-150-110	150	159	6	4	189	233	550	(+0/-110)	323,4	237,88
КССТ-25-200-140	200	219	7	4	250	296	550	(+0/-140)	738,3	432,07
КССТ-25-250-140	250	273	8	5	315	351	550	(+0/-140)	1056,9	697,75
КССТ-25-300-140	300	325	8	5	366	414	550	(+0/-140)	1140	956,46
КССТ-25-350-140	350	377	8	6	427	476	550	(+0/-140)	971,5	1291,95
КССТ-25-400-140	400	426	8	6	476	524	550	(+0/-140)	1059,5	1633,78
КССТ-25-500-170	500	530	10	6	590	640	650	(+0/-170)	866,2	2464,00
КССТ-25-600-170	600	630	10	6	690	770	650	(+0/-170)	1008,3	3422,57
КССТ-25-700-170	700	720	10	6	780	870	650	(+0/-170)	1120,5	4419,64
КССТ-25-800-170	800	820	10	6	880	955	650	(+0/-170)	1279,7	5676,78
КССТ-25-900-170	900	920	10	6	980	1070	750	(+0/-170)	1404,3	7091,07
КССТ-25-1000-170	1000	1020	10	6	1080	1180	800	(+0/-170)	1559,8	8662,50

Расчетное давление : 25 бар
Расчетная температура : 250°C
Пробное давление : 31,25 бар
Материал сильфона : Нержавеющая Сталь 12Х18Н10Т (Опц. 08Х18Н10, 03Х16Н15М3, 10Х17Н13М2Т)
Материал патрубка : Углеродистая сталь Ст3сп (Опц. ст.10, ст.20, 17ГС, 20К, Ст3кп)
Материал кожуха : Углеродистая сталь Ст3сп (Опц. ст.10, ст.20, 17ГС, 20К, Ст3кп)

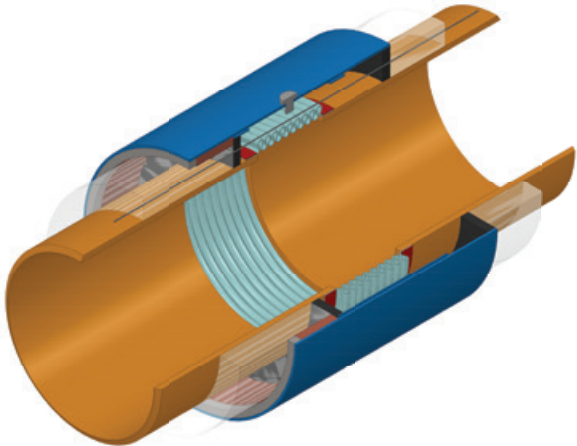
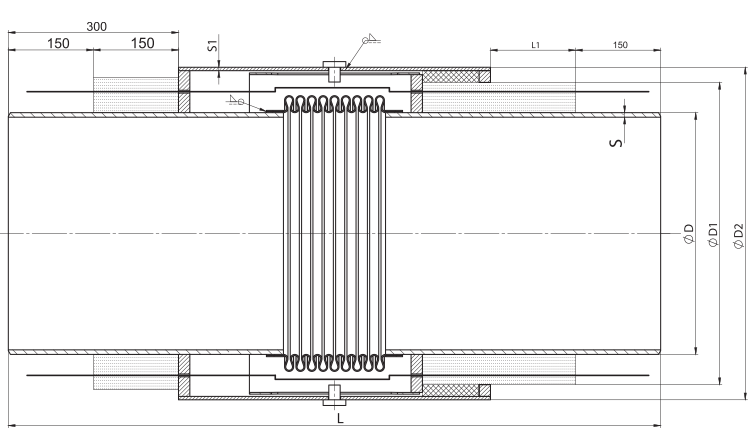
PN16

Условное Обозначение	СОДК	DN	ØD мм	S мм	S ₁ мм	ØD ₁ мм	ØD ₂ мм (макс.)	L мм	L ₁ мм	Осевое Смещение (± мм)	Циклы при 100% раб.ходе	Циклы при 50% раб.ходе	Циклы при 33,3% раб.ходе	Жесткость Н/мм	Эффективная Площадь см ²
СКУ.ППУ(ПЭ).П-16-50-60	ОДК	50	57	3,5	3	125	225	950	180	±30	57	783	4127	249,5	33,09
СКУ.ППУ(ПЭ).П-16-65-70		65	76	3,5	3	140	240	975	185	±35	58	803	3805	319,3	57,57
СКУ.ППУ(ПЭ).П-16-80-70		80	89	3,5	3	160	260	985	185	±35	113	1639	8128	339,5	78,57
СКУ.ППУ(ПЭ).П-16-100-100		100	108	4	4	180	280	1045	200	±50	62	865	4240	413,7	114,47
СКУ.ППУ(ПЭ).П-16-125-100		125	133	4	4	225	325	1065	200	±50	52	683	3171	346,5	171,17
СКУ.ППУ(ПЭ).П-16-150-100		150	159	4,5	4	250	350	1065	200	±50	75	996	4673	280,6	237,88
СКУ.ППУ(ПЭ).П-16-200-160		200	219	6	5	315	415	1185	230	±80	51	681	3331	486,3	432,07
СКУ.ППУ(ПЭ).П-16-250-160		250	273	7	5	400	500	1230	230	±80	72	946	4515	478,2	697,75
СКУ.ППУ(ПЭ).П-16-300-180		300	325	7	5	450	550	1275	240	±90	65	839	4150	507,9	956,46
СКУ.ППУ(ПЭ).П-16-400-190		400	426	7	6	560	660	1325	245	±95	107	1444	7164	722,8	1633,78
СКУ.ППУ(ПЭ).П-16-500-200		500	530	8	6	710	810	1330	250	±100	159	2130	11359	658,4	2464,00
СКУ.ППУ(ПЭ).П-16-600-200		600	630	8	6	800	900	1330	250	±100	124	1620	8413	636	3422,57
СКУ.ППУ(ПЭ).П-16-700-210		700	720	8	6	900	1000	1370	255	±105	151	1996	10112	768	4419,64
СКУ.ППУ(ПЭ).П-16-800-210		800	820	8	6	1000	1100	1370	255	±105	194	2503	12314	726,1	5676,78
СКУ.ППУ(ПЭ).П-16-900-210		900	920	10	6	1100	1200	1370	255	±105	192	2488	12251	816,4	7091,07
СКУ.ППУ(ПЭ).П-16-1000-220		1000	1020	10	6	1200	1300	1385	260	±110	154	1960	9118	884,6	8662,50

* Сильфонные компенсирующие устройства СКУ в ППУ изоляции в полиэтиленовой оболочке ПЭ используются для бесканальной прокладки трубопроводов

Расчетное давление : 16 бар
Расчетная температура : 250°C
Пробное давление : 20 бар
Материал сильфона : Нержавеющая Сталь 12Х18Н10Т (Опц. 08Х18Н10, 03Х16Н15М3, 10Х17Н13М2Т)
Материал патрубка : Углеродистая сталь Ст3сп (Опц. ст.10, ст.20, 17ГС, 20К, Ст3кп)
Материал кожуха : Углеродистая сталь Ст3сп (Опц. ст.10, ст.20, 17ГС, 20К, Ст3кп)

Сильфонное компенсационное устройство в ППУ изоляции



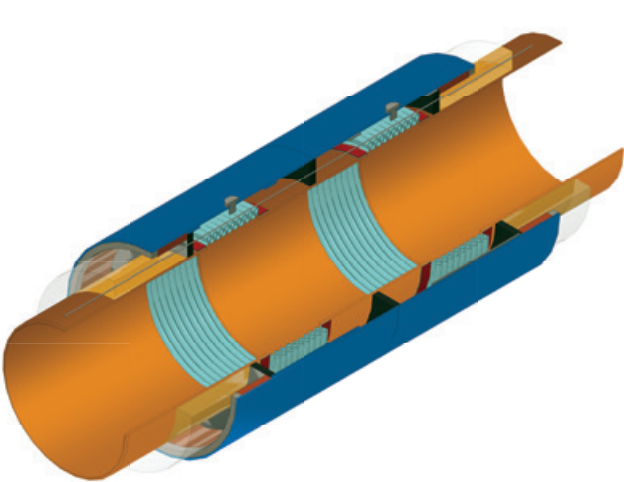
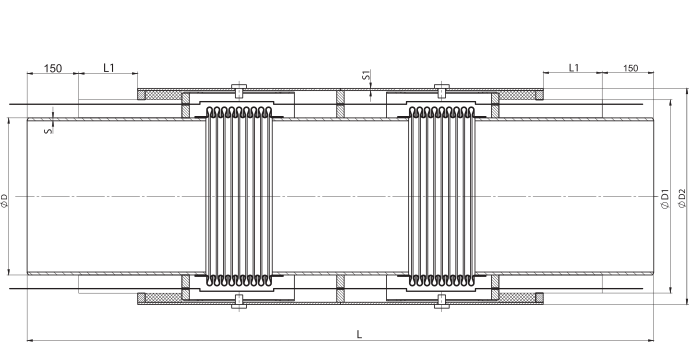
PN25

Условное Обозначение	СОДК	DN	ØD мм	S мм	S ₁ мм	ØD ₁ мм	ØD ₂ мм (макс.)	L мм	L ₁ мм	Осевое Смещение (± мм)	Циклы при 100% раб.ходе	Циклы при 50% раб.ходе	Циклы при 33,3% раб.ходе	Жесткость Н/мм	Эффективная Площадь см ²
СКУ.ППУ(ПЭ).П-25-50-60	ОДК	50	57	3,5	3	125	225	950	180	±30	57	763	3935	435,1	33,09
СКУ.ППУ(ПЭ).П-25-65-60		65	76	3,5	3	140	240	975	180	±30	50	668	3382	383,2	57,57
СКУ.ППУ(ПЭ).П-25-80-70		80	89	3,5	3	160	260	985	185	±35	50	627	2698	424,4	78,57
СКУ.ППУ(ПЭ).П-25-100-100		100	108	4	4	180	280	1045	200	±50	50	631	2839	446,9	114,47
СКУ.ППУ(ПЭ).П-25-125-100		125	133	4	4	225	325	1065	200	±50	50	473	2179	665	171,17
СКУ.ППУ(ПЭ).П-25-150-100		150	159	4,5	4	250	350	1065	200	±50	53	674	2997	544,3	237,88
СКУ.ППУ(ПЭ).П-25-200-160		200	219	6	5	315	415	1185	230	±80	50	638	2947	958,7	432,07
СКУ.ППУ(ПЭ).П-25-250-160		250	273	7	5	400	500	1230	230	±80	51	666	3140	1055	697,75
СКУ.ППУ(ПЭ).П-25-300-180		300	325	7	5	450	550	1275	240	±90	58	745	3651	990,3	956,46
СКУ.ППУ(ПЭ).П-25-400-190		400	426	7	6	560	660	1325	245	±95	69	899	4295	1194,6	1633,78
СКУ.ППУ(ПЭ).П-25-500-200		500	530	8	6	710	810	1330	250	±100	98	1226	5840	1039,9	2464,00
СКУ.ППУ(ПЭ).П-25-600-200		600	630	8	6	800	900	1330	250	±100	84	1046	4945	1203,3	3422,57
СКУ.ППУ(ПЭ).П-25-700-210		700	720	8	6	900	1000	1370	255	±105	97	1214	5735	1204	4419,64
СКУ.ППУ(ПЭ).П-25-800-210		800	820	8	6	1000	1100	1370	255	±105	109	1359	6410	1302,2	5676,78
СКУ.ППУ(ПЭ).П-25-900-210		900	920	10	6	1100	1200	1370	255	±105	100	1233	5772	1438,1	7091,07
СКУ.ППУ(ПЭ).П-25-1000-220		1000	1020	10	6	1200	1300	1385	260	±110	84	1032	4628	1597,2	8662,50

* Сильфонные компенсирующие устройства СКУ в ППУ изоляции в полиэтиленовой оболочке ПЭ используются для бесканальной прокладки трубопроводов

Расчетное давление : 25 бар
Расчетная температура : 250°C
Пробное давление : 31,25 бар
Материал сильфона : Нержавеющая Сталь 12Х18Н10Т (Опц. 08Х18Н10, 03Х16Н15М3, 10Х17Н13М2Т)
Материал патрубка : Углеродистая сталь Ст3сп (Опц. ст.10, ст.20, 17ГС, 20К, Ст3кп)
Материал кожуха : Углеродистая сталь Ст3сп (Опц. ст.10, ст.20, 17ГС, 20К, Ст3кп)

Сильфонное компенсационное устройство в ППУ изоляции



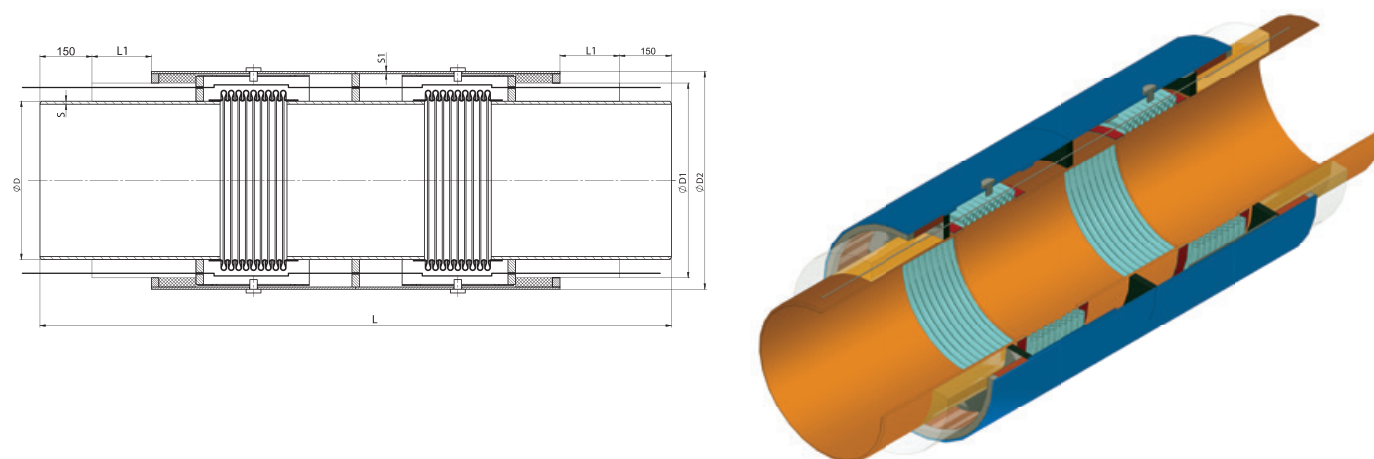
PN16

Условное Обозначение	СОДК	DN	ØD мм	S мм	S ₁ мм	ØD ₁ мм	ØD ₂ мм (макс.)	L мм	L ₁ мм	Осевое Смещение (± мм)	Циклы при 100% раб.ходе	Циклы при 50% раб.ходе	Циклы при 33,3% раб.ходе	Жесткость Н/мм	Эффективная Площадь см ²
2СКУ.ППУ(ПЭ).П-16-50-120	ОДК	50	57	3,5	3	125	225	1400	180	±60	57	783	4127	125	33,09
2СКУ.ППУ(ПЭ).П-16-65-140		65	76	3,5	3	140	240	1400	185	±70	58	803	3805	160	57,57
2СКУ.ППУ(ПЭ).П-16-80-140		80	89	3,5	3	160	260	1450	185	±70	113	1639	8128	170	78,57
2СКУ.ППУ(ПЭ).П-16-100-200		100	108	4	4	180	280	1550	200	±100	62	865	4240	207	114,47
2СКУ.ППУ(ПЭ).П-16-125-200		125	133	4	4	225	325	1600	200	±100	52	683	3171	173	171,17
2СКУ.ППУ(ПЭ).П-16-150-200		150	159	4,5	4	250	350	1600	200	±100	75	996	4673	189	237,88
2СКУ.ППУ(ПЭ).П-16-200-320		200	219	6	5	315	415	2150	230	±160	51	681	3331	243	432,07
2СКУ.ППУ(ПЭ).П-16-250-320		250	273	7	5	400	500	2150	230	±160	72	946	4515	239	697,75
2СКУ.ППУ(ПЭ).П-16-300-360		300	325	7	5	450	550	2250	240	±180	65	839	4150	254	956,46
2СКУ.ППУ(ПЭ).П-16-400-380		400	426	7	6	560	660	2350	245	±190	107	1444	7164	361,4	1633,78
2СКУ.ППУ(ПЭ).П-16-500-400		500	530	8	6	710	810	2400	250	±200	159	2130	11359	329,2	2464,00
2СКУ.ППУ(ПЭ).П-16-600-400		600	630	8	6	800	900	2400	250	±200	124	1620	8413	318	3422,57
2СКУ.ППУ(ПЭ).П-16-700-420		700	720	8	6	900	1000	2500	255	±210	151	1996	10112	384	4419,64
2СКУ.ППУ(ПЭ).П-16-800-420		800	820	8	6	1000	1100	2500	255	±210	194	2503	12314	363	5676,78
2СКУ.ППУ(ПЭ).П-16-900-420		900	920	10	6	1100	1200	2500	255	±210	192	2488	12251	408	7091,07
2СКУ.ППУ(ПЭ).П-16-1000-440		1000	1020	10	6	1200	1300	2500	260	±220	154	1960	9118	442,3	8662,50

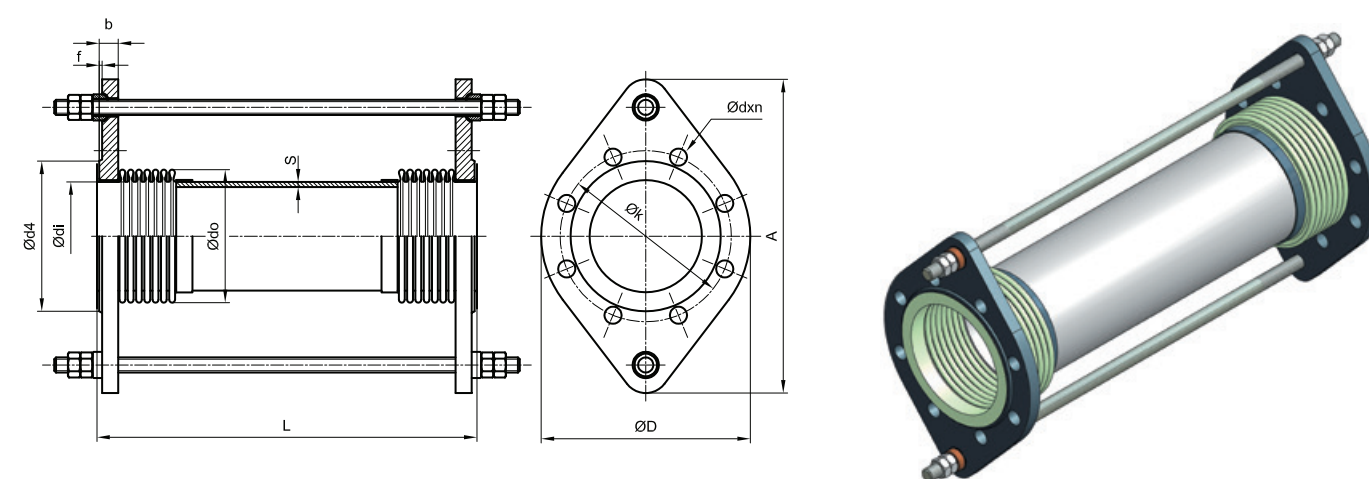
* Сильфонные компенсирующие устройства СКУ в ППУ изоляции в полиэтиленовой оболочке ПЭ используются для бесканальной прокладки трубопроводов

Расчетное давление : 16 бар
Расчетная температура : 250°C
Пробное давление : 20 бар
Материал сильфона : Нержавеющая Сталь 12Х18Н10Т (Опц. 08Х18Н10, 03Х16Н15М3, 10Х17Н13М2Т)
Материал патрубка : Углеродистая сталь Ст3сп (Опц. ст.10, ст.20, 17ГС, 20К, Ст3кп)
Материал кожуха : Углеродистая сталь Ст3сп (Опц. ст.10, ст.20, 17ГС, 20К, Ст3кп)

Сильфонное компенсационное устройство в ППУ изоляции



Компенсатор сильфонный сдвигово-осевой двухсекционный DLTKF-25



PN25

Условное Обозначение	СОДК	DN	ØD мм	S мм	S _i мм	ØD _i мм	ØD _i мм (макс.)	L мм	L _i мм	Осевое Смещение (± мм)	Циклы при 100% раб.ходе	Циклы при 50% раб.ходе	Циклы при 33,3% раб.ходе	Жесткость Н/мм	Эффективная Площадь см ²
2СКУ.ППУ.П-25-50-120	ОДК	50	57	3,5	3	125	225	1400	180	±60	57	763	3935	217,5	33,09
2СКУ.ППУ.П-25-65-120		65	76	3,5	3	140	240	1400	180	±60	50	668	3382	191,6	57,57
2СКУ.ППУ.П-25-80-140		80	89	3,5	3	160	260	1450	185	±70	50	627	2698	212,2	78,57
2СКУ.ППУ.П-25-100-200		100	108	4	4	180	280	1550	200	±100	50	631	2839	223,5	114,47
2СКУ.ППУ.П-25-125-200		125	133	4	4	225	325	1600	200	±100	50	473	2179	332,5	171,17
2СКУ.ППУ.П-25-150-200		150	159	4,5	4	250	350	1600	200	±100	53	674	2997	272,2	237,88
2СКУ.ППУ.П-25-200-320		200	219	6	5	315	415	2150	230	±160	50	638	2947	479,4	432,07
2СКУ.ППУ.П-25-250-320		250	273	7	5	400	500	2150	230	±160	51	666	3140	527,5	697,75
2СКУ.ППУ.П-25-300-360		300	325	7	5	450	550	2250	240	±180	58	745	3651	495,1	956,46
2СКУ.ППУ.П-25-400-380		400	426	7	6	560	660	2350	245	±190	69	899	4295	597,3	1633,78
2СКУ.ППУ.П-25-500-400		500	530	8	6	710	810	2400	250	±200	98	1226	5840	519,9	2464,00
2СКУ.ППУ.П-25-600-400		600	630	8	6	800	900	2400	250	±200	84	1046	4945	601,6	3422,57
2СКУ.ППУ.П-25-700-420		700	720	8	6	900	1000	2500	255	±210	97	1214	5735	602	4419,64
2СКУ.ППУ.П-25-800-420		800	820	8	6	1000	1100	2500	255	±210	109	1359	6410	651,1	5676,78
2СКУ.ППУ.П-25-900-420		900	920	10	6	1100	1200	2500	255	±210	100	1233	5772	719	7091,07
2СКУ.ППУ.П-25-1000-440		1000	1020	10	6	1200	1300	2500	260	±220	84	1032	4628	798,6	8662,50

* Сифонные компенсирующие устройства СКУ в ППУ изоляции в полиэтиленовой оболочке ПЭ используются для бесканальной прокладки трубопроводов

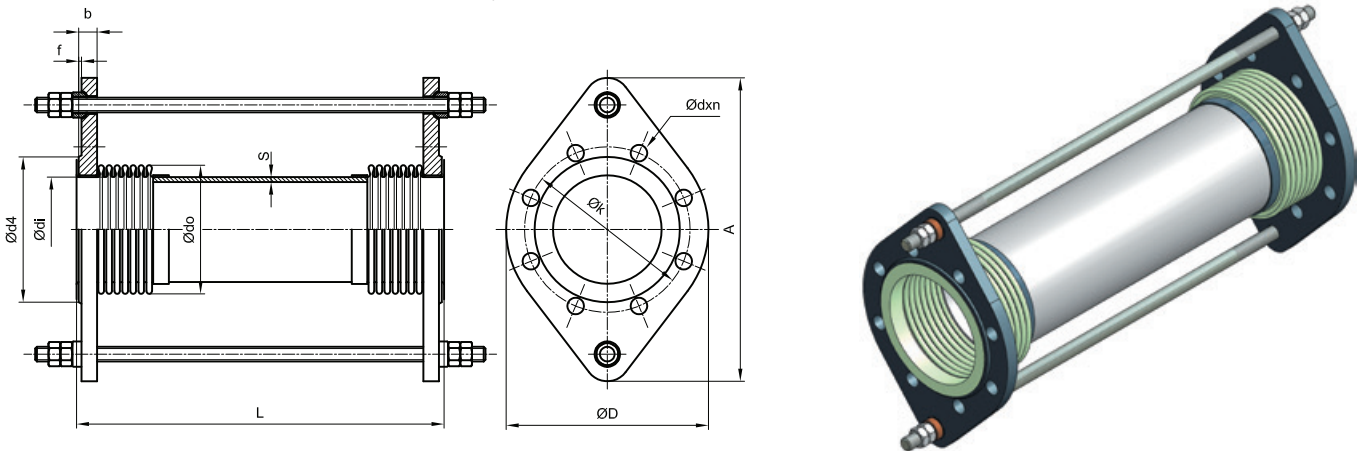
Расчетное давление	: 25 бар
Расчетная температура	: 250°C
Пробное давление	: 31,25 бар
Материал сильфона	: Нержавеющая Сталь 12X18H10T (Опц. 08X18H10, 03X16H15M3, 10X17H13M2T)
Материал патрубка	: Углеродистая сталь Ст3сп (Опц. ст.10, ст.20, 17ГС, 20К, Ст3кп)
Материал кожуха	: Углеродистая сталь Ст3сп (Опц. ст.10, ст.20, 17ГС, 20К, Ст3кп)

DN	A мм	ØD мм	Øk1 мм	k2 мм	Ød4 мм	f мм	b мм	Ødxn	Ødi мм	Ødo мм	s мм	L мм	Осевое Смещение (± мм)	Боковое Смещение (± мм)	Жесткость Н/мм	Эффективная Площадь см²
DN25	185	115	85	150	68	2	16	Ø14x4	38	48,2	2,6	250	±15	±25	20,15	14,58
DN32	210	140	100	180	78	2	16	Ø18x4	42,2	55	2,6	250	±15	±25	13,34	18,62
DN40	220	150	110	185	88	3	16	Ø18x4	48,3	61	2,6	250	±15	±25	15,79	23,44
DN50	250	165	125	205	102	3	18	Ø18x4	60,3	76	2,9	350	±15	±25	21,25	36,46
DN65	270	185	145	225	122	3	18	Ø18x4	76,1	95	2,9	350	±30	±25	17,33	57,45
DN80	310	200	160	251	138	3	20	Ø18x8	88,9	111	3,2	400	±30	±25	18,2	78,42
DN100	330	220	180	271	158	3	20	Ø18x8	114,3	140	3,6	400	±30	±25	21,49	137,09
DN125	366	250	210	304	188	3	22	Ø18x8	139,7	164	4	450	±30	±25	27,86	181,01
DN150	420	285	240	347	212	3	22	Ø23x8	168,3	200	4,5	450	±30	±25	28,34	266,20
DN200	510	340	295	411	268	3	24	Ø23x12	219,1	250	6,3	500	±30	±25	79,1	431,86
DN250	573	405	355	484	320	3	26	Ø27x12	273	323	6,3	600	±30	±25	37,49	697,11
DN300	660	460	410	555	378	4	28	Ø27x12	323,9	380	7,1	750	±30	±25	59,61	972,37

Материал сиффона	: Нержавеющая Сталь 12Х18Н10Т (Опц. 08Х18Н10, 03Х16Н15М3, 10Х17Н13М2Т)
Тип соединений	: Подвижный фланец
Материал соединений	: Углеродистая сталь Ст3сп (Опц. ст.10, ст.20, 17ГС, 20К, Ст3кп)
Материал стяжки	: Углеродистая сталь Ст3сп (Опц. ст.10, ст.20, 17ГС, 20К, Ст3кп)
Расчетное давление	: 16 бар
Диапазон рабочих температур	: -80/+427 °С

- 1- Возможна модификация конструкции по требованию пользователя.
- 2- Размеры даны в соответствии с DIN стандартом фланцев. Также доступны другие стандарты, такие как: ГОСТ, ASTM, BS, ANFOR и UNI.
- 3- В случае высоких давлений и температур или использования в особых внешних условиях, пожалуйста, свяжитесь с производителем.
- 4- Сильфон может быть изготовлен из различных типов нержавеющей стали, другие компоненты могут быть изготовлены из углеродистой стали и различных типов нержавеющей стали.

Компенсатор сильфонный сдвигово-осевой
двухсекционный DLTКF-50

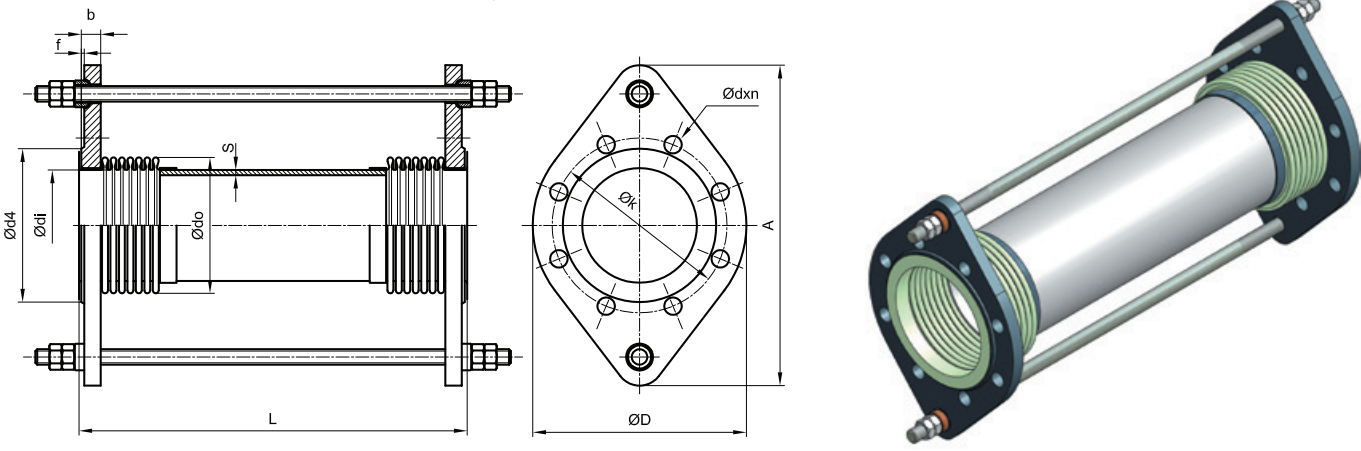


DN	A мм	ØD мм	Øk1 мм	k2 мм	Ød4 мм	f мм	b мм	Ødxn	Ødi мм	Ødo мм	s мм	L мм	Осевое Смещение (± мм)	Боковое Смещение (± мм)	Жесткость Н/мм	Эффективная Площадь см ²
DN25	185	115	85	150	68	2	16	Ø14x4	38	48,2	2,3	350	±15	±50	20,15	14,58
DN32	210	140	100	180	78	2	16	Ø18x4	42,2	55	2,6	350	±15	±50	13,34	18,62
DN40	220	150	110	185	88	3	16	Ø18x4	48,3	61	2,6	350	±15	±50	15,79	23,44
DN50	250	165	125	205	102	3	18	Ø18x4	60,3	76	2,9	450	±15	±50	21,25	36,46
DN65	270	185	145	225	122	3	18	Ø18x4	76,1	95	2,9	450	±30	±50	17,33	57,45
DN80	310	200	160	251	138	3	20	Ø18x8	88,9	111	3,2	500	±30	±50	18,2	78,42
DN100	330	220	180	271	158	3	20	Ø18x8	114,3	140	3,6	500	±30	±50	21,49	137,09
DN125	366	250	210	304	188	3	22	Ø18x8	139,7	164	4	650	±30	±50	27,86	181,01
DN150	420	285	240	347	212	3	22	Ø23x8	168,3	200	4,5	650	±30	±50	28,34	266,20
DN200	510	340	295	411	268	3	24	Ø23x12	219,1	250	6,3	700	±30	±50	79,1	431,86
DN250	573	405	355	484	320	3	26	Ø27x12	273	323	6,3	800	±30	±50	37,49	697,11
DN300	660	460	410	555	378	4	28	Ø27x12	323,9	380	7,1	950	±30	±50	59,61	972,37

Материал сильфона : Нержавеющая Сталь 12Х18Н10Т (Опц. 08Х18Н10, 03Х16Н15М3, 10Х17Н13М2Т)
Тип соединений : Подвижный фланец
Материал соединений : Углеродистая сталь Ст3сп (Опц. ст.10, ст.20, 17ГС, 20К, Ст3кп)
Материал стяжки : Углеродистая сталь Ст3сп (Опц. ст.10, ст.20, 17ГС, 20К, Ст3кп)
Расчетное давление : 16 бар
Диапазон рабочих температур : -80/+427 °С

- 1- Возможна модификация конструкции по требованию пользователя.
2- Размеры даны в соответствии с DIN стандартом фланцев. Также доступны другие стандарты, такие как: ГОСТ, ASTM, BS, ANFOR и UNI.
3- В случае высоких давлений и температур или использования в особых внешних условиях, пожалуйста, свяжитесь с производителем.
4- Сильфон может быть изготовлен из различных типов нержавеющей стали, другие компоненты могут быть изготовлены из углеродистой стали и различных типов нержавеющей стали.

Компенсатор сильфонный сдвигово-осевой
двухсекционный DLTКF-75

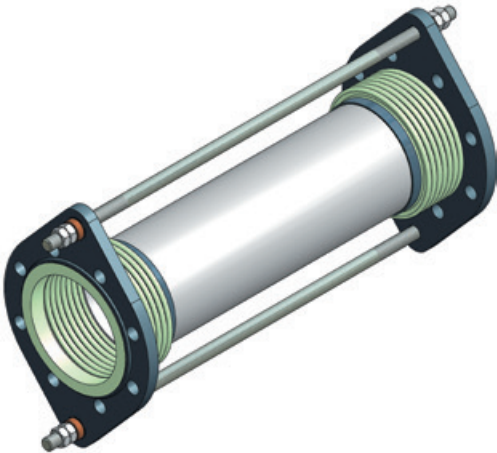
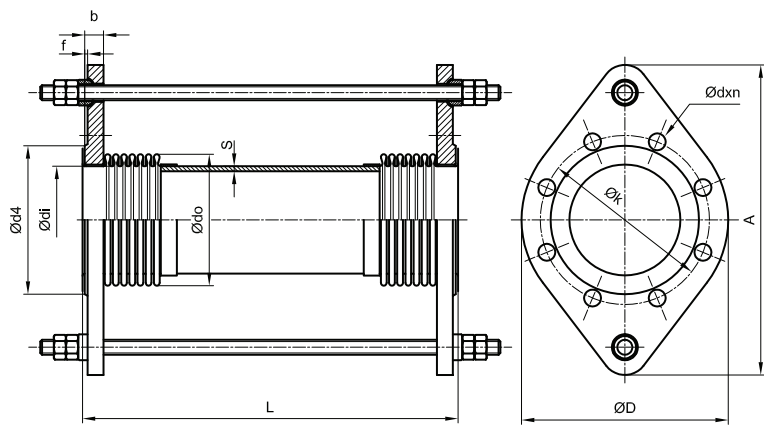


DN	A мм	ØD мм	Øk1 мм	k2 мм	Ød4 мм	f мм	b мм	Ødxn	Ødi мм	Ødo мм	s мм	L мм	Осевое Смещение (± мм)	Боковое Смещение (± мм)	Жесткость Н/мм	Эффективная Площадь см ²	Артикул
DN25	185	115	85	150	68	2	16	Ø14x4	38	48,2	2,3	450	±15	±75	20,15	14,58	702.070.203.002
DN32	210	140	100	180	78	2	16	Ø18x4	42,2	55	2,6	450	±15	±75	13,34	18,62	702.070.203.004
DN40	220	150	110	185	88	3	16	Ø18x4	48,3	61	2,6	450	±15	±75	15,79	23,44	702.070.203.006
DN50	250	165	125	205	102	3	18	Ø18x4	60,3	76	2,9	550	±15	±75	21,25	36,46	702.070.203.008
DN65	270	185	145	225	122	3	18	Ø18x4	76,1	95	2,9	550	±30	±75	17,33	57,45	702.070.203.010
DN80	310	200	160	251	138	3	20	Ø18x8	88,9	111	3,2	600	±30	±75	18,2	78,42	702.070.203.012
DN100	330	220	180	271	158	3	20	Ø18x8	114,3	140	3,6	600	±30	±75	21,49	137,09	702.070.203.014
DN125	366	250	210	304	188	3	22	Ø18x8	139,7	164	4	750	±30	±75	27,86	181,01	702.070.203.016
DN150	420	285	240	347	212	3	22	Ø23x8	168,3	200	4,5	750	±30	±75	28,34	266,20	702.070.203.018
DN200	510	340	295	411	268	3	24	Ø23x12	219,1	250	6,3	700	±30	±75	79,1	431,86	702.070.203.020
DN250	573	405	355	484	320	3	26	Ø27x12	273	323	6,3	800	±30	±75	37,49	697,11	702.070.203.022
DN300	660	460	410	555	378	4	28	Ø27x12	323,9	380	7,1	950	±30	±75	59,61	972,37	702.070.203.024

Материал сильфона : Нержавеющая Сталь 12Х18Н10Т (Опц. 08Х18Н10, 03Х16Н15М3, 10Х17Н13М2Т)
Тип соединений : Подвижный фланец
Материал соединений : Углеродистая сталь Ст3сп (Опц. ст.10, ст.20, 17ГС, 20К, Ст3кп)
Материал стяжки : Углеродистая сталь Ст3сп (Опц. ст.10, ст.20, 17ГС, 20К, Ст3кп)
Расчетное давление : 16 бар
Диапазон рабочих температур : -80/+427 °С

- 1- Возможна модификация конструкции по требованию пользователя.
2- Размеры даны в соответствии с DIN стандартом фланцев. Также доступны другие стандарты, такие как: ГОСТ, ASTM, BS, ANFOR и UNI.
3- В случае высоких давлений и температур или использования в особых внешних условиях, пожалуйста, свяжитесь с производителем.
4- Сильфон может быть изготовлен из различных типов нержавеющей стали, другие компоненты могут быть изготовлены из углеродистой стали и различных типов нержавеющей стали.

Компенсатор сильфонный сдвигово-осевой
двухсекционный DLTKF-100

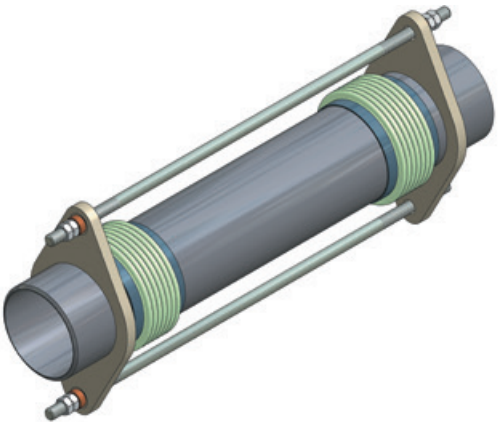
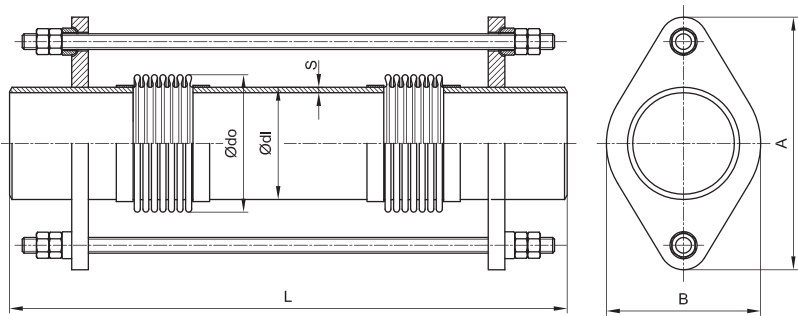


DN	A мм	ØD мм	Øk1 мм	k2 мм	Ød4 мм	f мм	b мм	Ødxn	Ødi мм	Ødo мм	s мм	L мм	Осевое Смещение (± мм)	Боковое Смещение (± мм)	Жесткость Н/мм	Эффективная Площадь см²
DN25	185	115	85	150	68	2	16	Ø14x4	38	48,2	2,3	550	±15	±100	20,15	14,58
DN32	210	140	100	180	78	2	16	Ø18x4	42,2	55	2,6	550	±15	±100	13,34	18,62
DN40	220	150	110	185	88	3	16	Ø18x4	48,3	61	2,6	550	±15	±100	15,79	23,44
DN50	250	165	125	205	102	3	18	Ø18x4	60,3	76	2,9	650	±15	±100	21,25	36,46
DN65	270	185	145	225	122	3	18	Ø18x4	76,1	95	2,9	650	±30	±100	17,33	57,45
DN80	310	200	160	251	138	3	20	Ø18x8	88,9	111	3,2	700	±30	±100	18,2	78,42
DN100	330	220	180	271	158	3	20	Ø18x8	114,3	140	3,6	700	±30	±100	21,49	137,09
DN125	366	250	210	304	188	3	22	Ø18x8	139,7	164	4	850	±30	±100	27,86	181,01
DN150	420	285	240	347	212	3	22	Ø23x8	168,3	200	4,5	850	±30	±100	28,34	266,20
DN200	510	340	295	411	268	3	24	Ø23x12	219,1	250	6,3	900	±30	±100	79,1	431,86
DN250	573	405	355	484	320	3	26	Ø27x12	273	323	6,3	1000	±30	±100	37,49	697,11
DN300	660	460	410	555	378	4	28	Ø27x12	323,9	380	7,1	1150	±30	±100	59,61	972,37

Материал сильфона : Нержавеющая Сталь 12Х18Н10Т (Опц. 08Х18Н10, 03Х16Н15М3, 10Х17Н13М2Т)
Тип соединений : Подвижный фланец
Материал соединений : Углеродистая сталь Ст3сп (Опц. ст.10, ст.20, 17ГС, 20К, Ст3кп)
Материал стяжки : Углеродистая сталь Ст3сп (Опц. ст.10, ст.20, 17ГС, 20К, Ст3кп)
Расчетное давление : 16 бар
Диапазон рабочих температур : -80/+427 °С

- 1- Возможна модификация конструкции по требованию пользователя.
2- Размеры даны в соответствии с DIN стандартом фланцев. Также доступны другие стандарты, такие как: ГОСТ, ASTM, BS, ANFOR и UNI.
3- В случае высоких давлений и температур или использования в особых внешних условиях, пожалуйста, свяжитесь с производителем.
4- Сильфон может быть изготовлен из различных типов нержавеющей стали, другие компоненты могут быть изготовлены из углеродистой стали и различных типов нержавеющей стали.

Компенсатор сильфонный сдвигово-осевой
двухсекционный DLTКKB-25

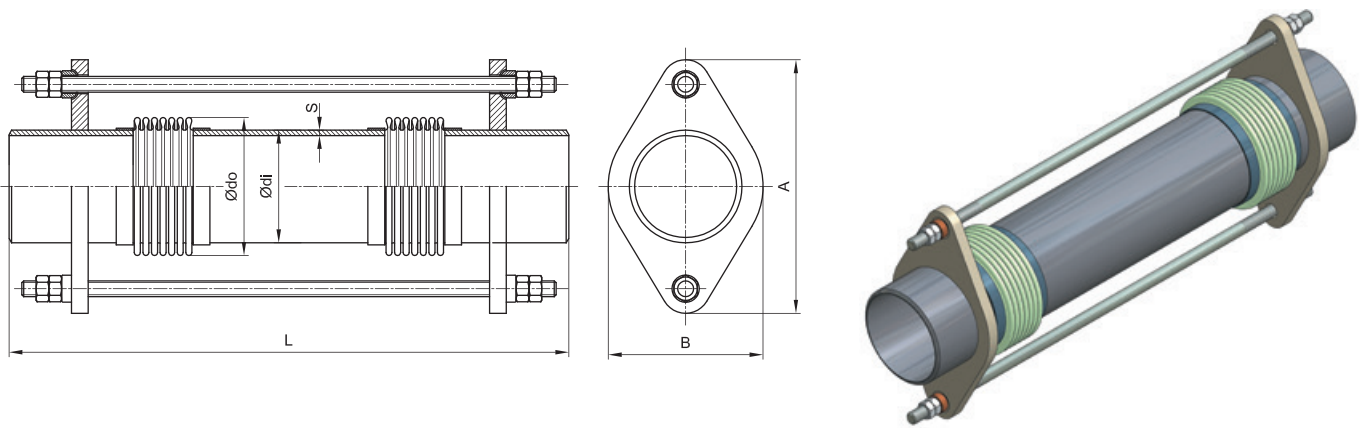


DN	Ødi мм	Ødo мм	s мм	A мм	B мм	L мм	Осевое Смещение (± мм)	Боковое Смещение (± мм)	Жесткость Н/мм	Эффективная Площадь см²
DN25	38	48,2	2,6	135	54	540	±15	±25	20,15	14,58
DN32	42,4	55	2,6	140	64	540	±15	±25	13,34	18,62
DN40	48,3	61	2,6	150	70	540	±15	±25	15,79	23,44
DN50	60,3	76	2,9	165	86	610	±15	±25	21,25	36,46
DN65	76,1	95	2,9	190	102	610	±30	±25	17,33	57,45
DN80	88,9	111	3,2	221	115	660	±30	±25	18,2	78,42
DN100	114,3	140	3,6	249	146	660	±30	±25	21,49	137,09
DN125	139,7	164	4	292	172	700	±30	±25	27,86	181,01
DN150	168,3	200	4,5	342	200	700	±30	±25	28,34	266,20
DN200	219,1	250	6,3	413	260	750	±30	±25	79,1	431,86
DN250	273	323	6,3	488	315	850	±30	±25	37,49	697,11
DN300	323,9	380	7,1	580	368	1000	±30	±25	59,61	972,37

Материал сильфона : Нержавеющая Сталь 12Х18Н10Т (Опц. 08Х18Н10, 03Х16Н15М3, 10Х17Н13М2Т)
Тип соединений : Под приварку
Материал соединений : Углеродистая сталь Ст3сп (Опц. ст.10, ст.20, 17ГС, 20К, Ст3кп)
Материал стяжки : Углеродистая сталь Ст3сп (Опц. ст.10, ст.20, 17ГС, 20К, Ст3кп)
Расчетное давление : 16 бар
Диапазон рабочих температур : -80/+427 °С

- 1- Возможна модификация конструкции по требованию пользователя.
2- В случае высоких давлений и температур или использования в особых внешних условиях, пожалуйста, свяжитесь с производителем.
3- Сильфон может быть изготовлен из различных типов нержавеющей стали, другие компоненты могут быть изготовлены из углеродистой стали и различных типов нержавеющей стали.

Компенсатор сильфонный сдвигово-осевой
двухсекционный DLTКKB-50

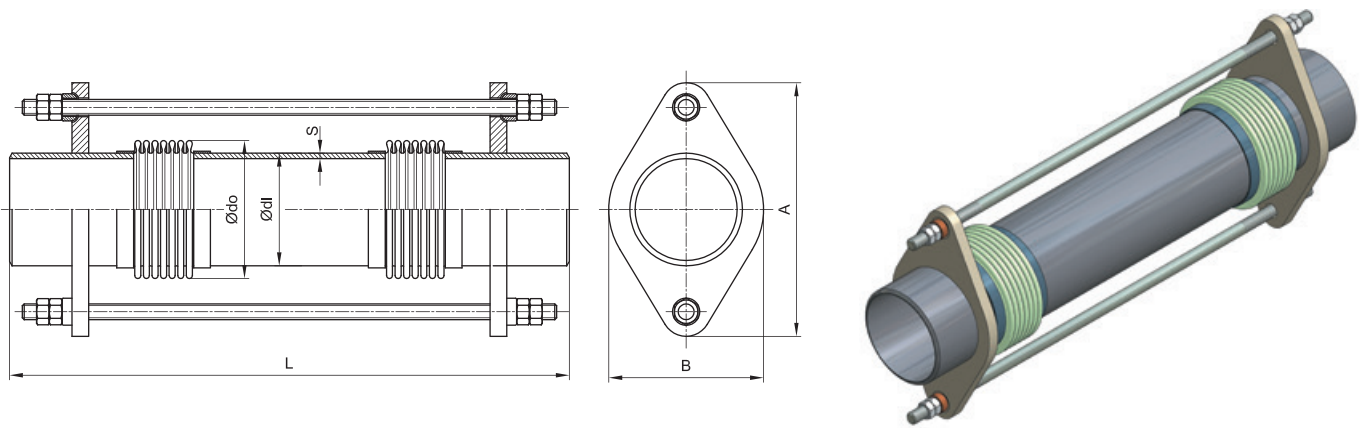


DN	Ødi мм	Ødo мм	s мм	A мм	B мм	L мм	Осевое Смещение (± мм)	Боковое Смещение (± мм)	Жесткость Н/мм	Эффективная Площадь см²
DN25	38	48,2	2,6	135	54	640	±15	±50	20,15	14,58
DN32	42,4	55	2,6	140	64	640	±15	±50	13,34	18,62
DN40	48,3	61	2,6	150	70	640	±15	±50	15,79	23,44
DN50	60,3	76	2,9	165	86	710	±15	±50	21,25	36,46
DN65	76,1	95	2,9	190	102	710	±30	±50	17,33	57,45
DN80	88,9	111	3,2	221	115	760	±30	±50	18,2	78,42
DN100	114,3	140	3,6	249	146	760	±30	±50	21,49	137,09
DN125	139,7	164	4	292	172	900	±30	±50	27,86	181,01
DN150	168,3	200	4,5	342	200	900	±30	±50	28,34	266,20
DN200	219,1	250	6,3	413	260	950	±30	±50	79,1	431,86
DN250	273	323	6,3	488	315	1050	±30	±50	37,49	697,11
DN300	323,9	380	7,1	580	368	1200	±30	±50	59,61	972,37

Материал сильфона : Нержавеющая Сталь 12Х18Н10Т (Опц. 08Х18Н10, 03Х16Н15М3, 10Х17Н13М2Т)
Тип соединений : Под приварку
Материал соединений : Углеродистая сталь Ст3сп (Опц. ст.10, ст.20, 17ГС, 20К, Ст3кп)
Материал стяжки : Углеродистая сталь Ст3сп (Опц. ст.10, ст.20, 17ГС, 20К, Ст3кп)
Расчетное давление : 16 бар
Диапазон рабочих температур : -80/+427 °С

1- Возможна модификация конструкции по требованию пользователя.
2- В случае высоких давлений и температур или использования в особых внешних условиях, пожалуйста, свяжитесь с производителем.
3- Сильфон может быть изготовлен из различных типов нержавеющей стали, другие компоненты могут быть изготовлены из углеродистой стали и различных типов нержавеющей стали.

Компенсатор сильфонный сдвигово-осевой
двухсекционный DLTКKB-75

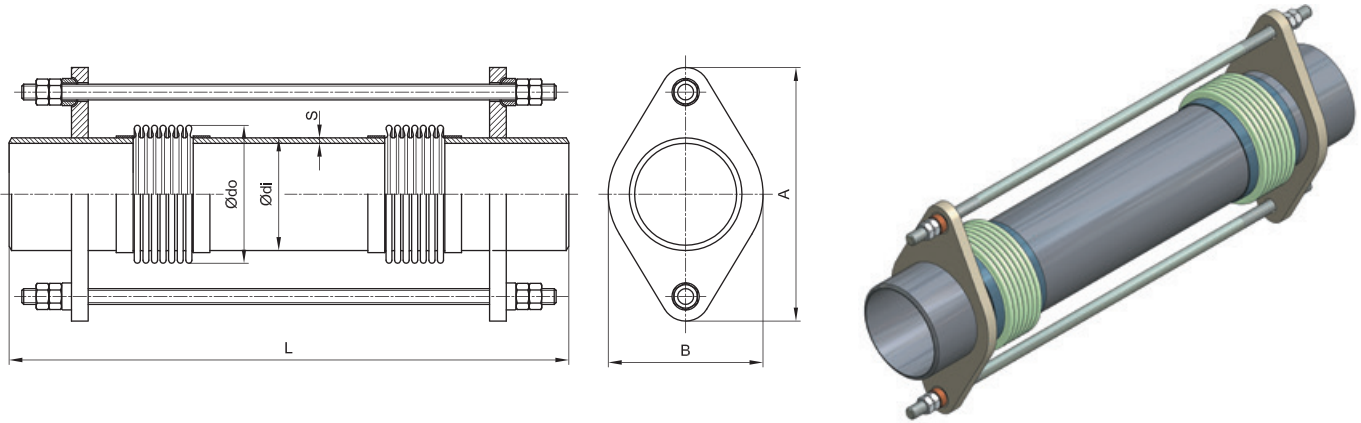


DN	Ødi мм	Ødo мм	s мм	A мм	B мм	L мм	Осевое Смещение (± мм)	Боковое Смещение (± мм)	Жесткость Н/мм	Эффективная Площадь см²
DN25	38	48,2	2,3	135	54	740	±15	±75	20,15	14,58
DN32	42,4	55	2,6	140	64	740	±15	±75	13,34	18,62
DN40	48,3	61	2,6	150	70	740	±15	±75	15,79	23,44
DN50	60,3	76	2,9	165	86	810	±15	±75	21,25	36,46
DN65	76,1	95	2,9	190	102	810	±30	±75	17,33	57,45
DN80	88,9	111	3,2	221	115	860	±30	±75	18,2	78,42
DN100	114,3	140	3,6	249	146	860	±30	±75	21,49	137,09
DN125	139,7	164	4	292	172	1000	±30	±75	27,86	181,01
DN150	168,3	200	4,5	342	200	1000	±30	±75	28,34	266,20
DN200	219,1	250	6,3	413	260	1050	±30	±75	79,1	431,86
DN250	273	323	6,3	488	315	1150	±30	±75	37,49	697,11
DN300	323,9	380	7,1	580	368	1300	±30	±75	59,61	972,37

Материал сильфона : Нержавеющая Сталь 12Х18Н10Т (Опц. 08Х18Н10, 03Х16Н15М3, 10Х17Н13М2Т)
Тип соединений : Под приварку
Материал соединений : Углеродистая сталь Ст3сп (Опц. ст.10, ст.20, 17ГС, 20К, Ст3кп)
Материал стяжки : Углеродистая сталь Ст3сп (Опц. ст.10, ст.20, 17ГС, 20К, Ст3кп)
Расчетное давление : 16 бар
Диапазон рабочих температур : -80/+427 °С

1- Возможна модификация конструкции по требованию пользователя.
2- В случае высоких давлений и температур или использования в особых внешних условиях, пожалуйста, свяжитесь с производителем.
3- Сильфон может быть изготовлен из различных типов нержавеющей стали, другие компоненты могут быть изготовлены из углеродистой стали и различных типов нержавеющей стали.

Компенсатор сильфонный сдвигово-осевой
двухсекционный DLTКKB-100



DN	Ødi мм	Ødo мм	s мм	A мм	B мм	L мм	Осевое Смещение (± мм)	Боковое Смещение (± мм)	Жесткость Н/мм	Эффективная Площадь см²
DN25	38	48,2	2,6	135	54	840	±15	±100	20,15	14,58
DN32	42,4	55	2,6	140	64	840	±15	±100	13,34	18,62
DN40	48,3	61	2,6	150	70	840	±15	±100	15,79	23,44
DN50	60,3	76	2,9	165	86	910	±15	±100	21,25	36,46
DN65	76,1	95	2,9	190	102	910	±30	±100	17,33	57,45
DN80	88,9	111	3,2	221	115	960	±30	±100	18,2	78,42
DN100	114,3	140	3,6	249	146	960	±30	±100	21,49	137,09
DN125	139,7	164	4	292	172	1100	±30	±100	27,86	181,01
DN150	168,3	200	4,5	342	200	1100	±30	±100	28,34	266,20
DN200	219,1	250	6,3	413	260	1150	±30	±100	79,1	431,86
DN250	273	323	6,3	488	315	1250	±30	±100	37,49	697,11
DN300	323,9	380	7,1	580	368	1400	±30	±100	59,61	972,37

Материал сильфона : Нержавеющая Сталь 12Х18Н10Т (Опц. 08Х18Н10, 03Х16Н15М3, 10Х17Н13М2Т)
Тип соединений : Под приварку
Материал соединений : Углеродистая сталь Ст3сп (Опц. ст.10, ст.20, 17ГС, 20К, Ст3кп)
Материал стяжки : Углеродистая сталь Ст3сп (Опц. ст.10, ст.20, 17ГС, 20К, Ст3кп)
Расчетное давление : 16 бар
Диапазон рабочих температур : -80/+427 °С

- 1- Возможна модификация конструкции по требованию пользователя.
2- В случае высоких давлений и температур или использования в особых внешних условиях, пожалуйста, свяжитесь с производителем.
3- Сильфон может быть изготовлен из различных типов нержавеющей стали, другие компоненты могут быть изготовлены из углеродистой стали и различных типов нержавеющей стали.

Компенсатор сильфонный поворотный
карданно типа SISKKF



SISKKF-50

DN	СМЕЩЕНИЕ (мм)			ФЛАНЕЦ (мм)						СИЛЬФОН (мм)		D ₁ мм	s мм	L мм	Эффективная Площадь см²
	± X	± Z	± Y	ØD	Øk	Ød4	f	b	Ødxn	ØDi	ØD0				
DN25	50	50	50	115	85	68	2	16	Ø14x4	38	48,2	90	2,3	720	14,58
DN32	50	50	50	140	100	78	2	16	Ø18x4	42,2	55	105	2,6	720	18,62
DN40	50	50	50	150	110	88	3	16	Ø18x4	48,3	61	115	2,6	720	23,44
DN50	50	50	50	165	125	102	3	18	Ø18x4	60,3	76	140	2,9	800	36,46
DN65	50	50	50	185	145	122	3	18	Ø18x4	76,1	95	160	2,9	800	57,45
DN80	50	50	50	200	160	138	3	20	Ø18x8	88,9	111	190	3,2	830	78,42
DN100	50	50	50	220	180	158	3	20	Ø18x8	114,3	140	250	3,6	850	137,09
DN125	50	50	50	250	210	188	3	22	Ø18x8	139,7	164	285	4	980	181,01
DN150	50	50	50	285	240	212	3	22	Ø23x8	168,3	200	350	4,5	980	266,20
DN200	50	50	50	340	295	268	3	24	Ø23x12	219,1	250	420	6,3	1140	431,86
DN250	50	50	50	405	355	320	3	26	Ø27x12	273	323	480	6,3	1140	697,11
DN300	50	50	150	460	410	378	4	28	Ø27x12	323,9	380	540	7,1	1200	972,37

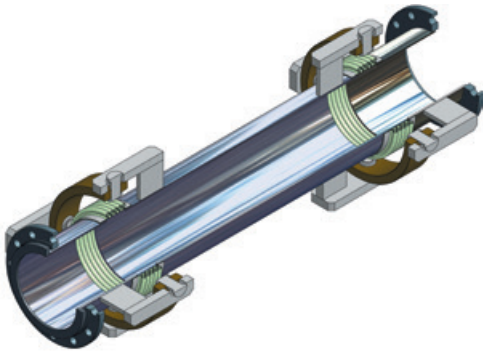
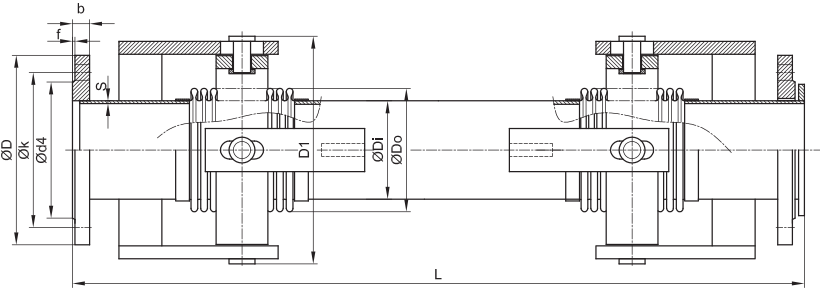
SISKKF-100

DN	СМЕЩЕНИЕ (мм)			ФЛАНЕЦ (мм)						СИЛЬФОН (мм)		D ₁ мм	s мм	L мм	Эффективная Площадь см²
	± X	± Z	± Y	ØD	Øk	Ød4	f	b	Ødxn	ØDi	ØD0				
DN25	50	50	100	115	85	68	2	16	Ø14x4	38	48,2	90	2,3	920	14,58
DN32	50	50	100	140	100	78	2	16	Ø18x4	42,2	55	105	2,6	920	18,62
DN40	50	50	100	150	110	88	3	16	Ø18x4	48,3	61	115	2,6	920	23,44
DN50	50	50	100	165	125	102	3	18	Ø18x4	60,3	76	140	2,9	1000	36,46
DN65	50	50	100	185	145	122	3	18	Ø18x4	76,1	95	160	2,9	1000	57,45
DN80	50	50	100	200	160	138	3	20	Ø18x8	88,9	111	190	3,2	1030	78,42
DN100	50	50	100	220	180	158	3	20	Ø18x8	114,3	140	250	3,6	1050	137,09
DN125	50	50	100	250	210	188	3	22	Ø18x8	139,7	164	285	4	1180	181,01
DN150	50	50	100	285	240	212	3	22	Ø23x8	168,3	200	350	4,5	1180	266,20
DN200	50	50	100	340	295	268	3	24	Ø23x12	219,1	250	420	6,3	1340	431,86
DN250	50	50	100	405	355	320	3	26	Ø27x12	273	323	480	6,3	1340	697,11
DN300	50	50	150	460	410	378	4	28	Ø27x12	323,9	380	540	7,1	1400	972,37

Материал сильфона : Нержавеющая Сталь 12Х18Н10Т (Опц. 08Х18Н10, 03Х16Н15М3, 10Х17Н13М2Т)
Тип соединений : Фиксированный фланец
Материал соединений : Углеродистая сталь Ст3сп (Опц. ст.10, ст.20, 17ГС, 20К, Ст3кп)
Материал шарнира : Углеродистая сталь Ст3сп (Опц. ст.10, ст.20, 17ГС, 20К, Ст3кп)
Расчетное давление : 16 бар
Диапазон рабочих темп. : -80/+427 °С

- 1- Возможна модификация конструкции по требованию пользователя.
2- Размеры даны в соответствии с DIN стандартом фланцев. Также доступны другие стандарты, такие как: ГОСТ, ASTM, BS, ANFOR и UNI.
3- В случае высоких давлений и температур или использования в особых внешних условиях, пожалуйста, свяжитесь с производителем.

Компенсатор сильфонный поворотный
карданно типа SISKKF



SISKKF-150

DN	СМЕЩЕНИЕ (мм)			ФЛАНЕЦ (мм)					СИЛЬФОН (мм)			D1 мм	s мм	L мм	Эффективная Площадь см ²
	± X	± Z	± Y	ØD	Øk	Ød4	f	b	Ødxn	ØDi	ØD0				
DN25	50	50	150	115	85	68	2	16	Ø14x4	38	48,2	90	2,3	1120	14,58
DN32	50	50	150	140	100	78	2	16	Ø18x4	42,2	55	105	2,6	1120	18,62
DN40	50	50	150	150	110	88	3	16	Ø18x4	48,3	61	115	2,6	1120	23,44
DN50	50	50	150	165	125	102	3	18	Ø18x4	60,3	76	140	2,9	1200	36,46
DN65	50	50	150	185	145	122	3	18	Ø18x4	76,1	95	160	2,9	1250	57,45
DN80	50	50	150	200	160	138	3	20	Ø18x8	88,9	111	190	3,2	1270	78,42
DN100	50	50	150	220	180	158	3	20	Ø18x8	114,3	140	250	3,6	1300	137,09
DN125	50	50	150	250	210	188	3	22	Ø18x8	139,7	164	285	4	1480	181,01
DN150	50	50	150	285	240	212	3	22	Ø23x8	168,3	200	350	4,5	1480	266,20
DN200	50	50	150	340	295	268	3	24	Ø23x12	219,1	250	420	6,3	1700	431,86
DN250	50	50	150	405	355	320	3	26	Ø27x12	273	323	480	6,3	1700	697,11
DN300	50	50	150	460	410	378	4	28	Ø27x12	323,9	380	540	7,1	1750	972,37

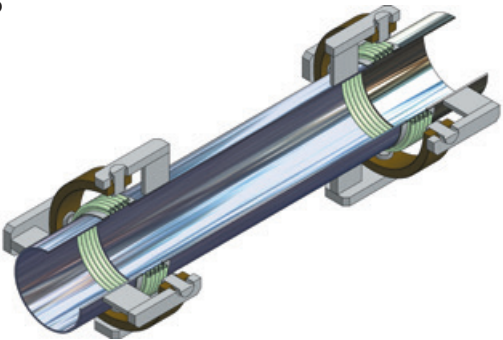
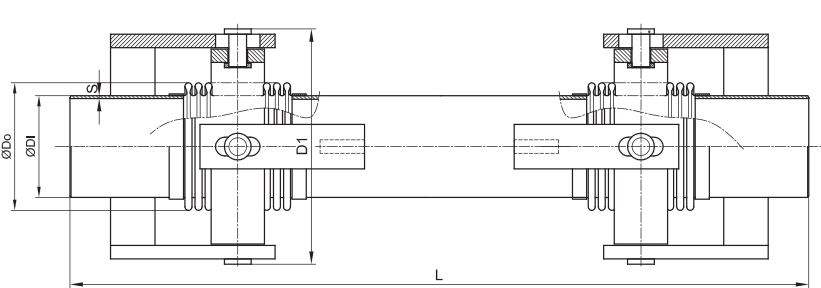
SISKKF-200

DN	СМЕЩЕНИЕ (мм)			ФЛАНЕЦ (мм)					СИЛЬФОН (мм)			D1 мм	s мм	L мм	Эффективная Площадь см ²
	± X	± Z	± Y	ØD	Øk	Ød4	f	b	Ødxn	ØDi	ØD0				
DN25	50	50	200	115	85	68	2	16	Ø14x4	38	48,2	90	2,3	1320	14,58
DN32	50	50	200	140	100	78	2	16	Ø18x4	42,2	55	105	2,6	1320	18,62
DN40	50	50	200	150	110	88	3	16	Ø18x4	48,3	61	115	2,6	1320	23,44
DN50	50	50	200	165	125	102	3	18	Ø18x4	60,3	76	140	2,9	1420	36,46
DN65	50	50	200	185	145	122	3	18	Ø18x4	76,1	95	160	2,9	1500	57,45
DN80	50	50	200	200	160	138	3	20	Ø18x8	88,9	111	190	3,2	1500	78,42
DN100	50	50	200	220	180	158	3	20	Ø18x8	114,3	140	250	3,6	1550	137,09
DN125	50	50	200	250	210	188	3	22	Ø18x8	139,7	164	285	4	1780	181,01
DN150	50	50	200	285	240	212	3	22	Ø23x8	168,3	200	350	4,5	1780	266,20
DN200	50	50	200	340	295	268	3	24	Ø23x12	219,1	250	420	6,3	2050	431,86
DN250	50	50	200	405	355	320	3	26	Ø27x12	273	323	480	6,3	2100	697,11
DN300	50	50	150	460	410	378	4	28	Ø27x12	323,9	380	540	7,1	2150	972,37

Материал сильфона : Нержавеющая Сталь 12Х18Н10Т (Опц. 08Х18Н10, 03Х16Н15М3, 10Х17Н13М2Т)
Тип соединений : Фиксированный фланец
Материал соединений : Углеродистая сталь Ст3сп (Опц. ст.10, ст.20, 17ГС, 20К, Ст3кп)
Материал шарнира : Углеродистая сталь Ст3сп (Опц. ст.10, ст.20, 17ГС, 20К, Ст3кп)
Расчетное давление : 16 бар
Диапазон рабочих темп. : -80/+427 °С

- 1- Возможна модификация конструкции по требованию пользователя.
2- Размеры даны в соответствии с DIN стандартом фланцев. Также доступны другие стандарты, такие как: ГОСТ, ASTM, BS, ANFOR и UNI.
3- В случае высоких давлений и температур или использования в особых внешних условиях, пожалуйста, свяжитесь с производителем.

Компенсатор сильфонный поворотный
карданно типа SISKB



SISKB-50

DN	СМЕЩЕНИЕ (мм)			СИЛЬФОН (мм)		D1 мм	s мм	L мм	Эффективная площадь см ²
	± X	± Z	± Y	ØDi	ØD0				
DN25	50	50	50	38	48,2	90	2,3	707	14,58
DN32	50	50	50	42,2	55	105	2,6	707	18,62
DN40	50	50	50	48,3	61	115	2,6	707	23,44
DN50	50	50	50	60,3	76	140	2,9	785	36,46
DN65	50	50	50	76,1	95	160	2,9	785	57,45
DN80	50	50	50	88,9	111	190	3,2	815	78,42
DN100	50	50	50	114,3	140	250	3,6	835	137,09
DN125	50	50	50	139,7	164	285	4	963	181,01
DN150	50	50	50	168,3	200	350	4,5	963	266,20
DN200	50	50	50	219,1	250	420	6,3	1120	431,86
DN250	50	50	50	273	323	480	6,3	1120	697,11
DN300	50	50	50	323,9	380	540	7,1	1177	972,37

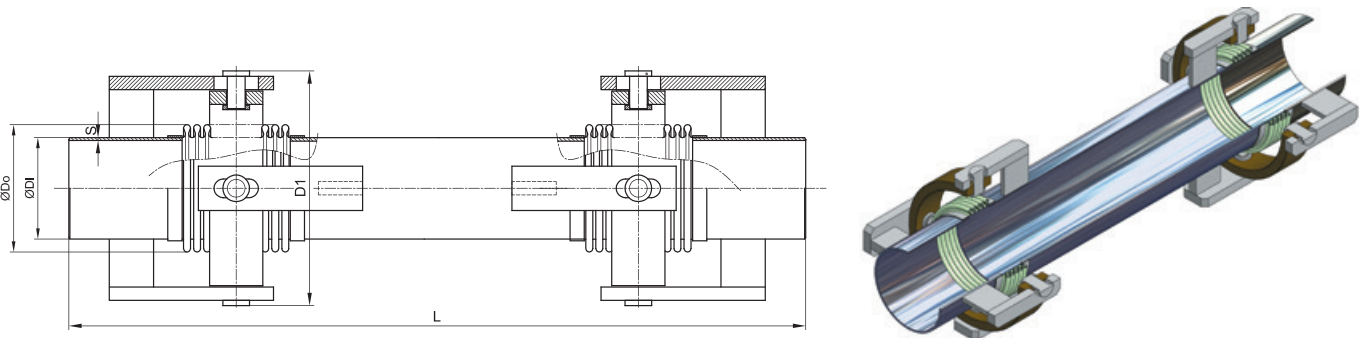
SISKB-100

DN	СМЕЩЕНИЕ (мм)			СИЛЬФОН (мм)		D1 мм	s мм	L мм	Эффективная площадь см ²
	± X	± Z	± Y	ØDi	ØD0				
DN25	50	50	100	38	48,2	90	2,3	907	14,58
DN32	50	50	100	42,2	55	105	2,6	907	18,62
DN40	50	50	100	48,3	61	115	2,6	907	23,44
DN50	50	50	100	60,3	76	140	2,9	985	36,46
DN65	50	50	100	76,1	95	160	2,9	958	57,45
DN80	50	50	100	88,9	111	190	3,2	1015	78,42
DN100	50	50	100	114,3	140	250	3,6	1035	137,09
DN125	50	50	100	139,7	164	285	4	1163	181,01
DN150	50	50	100	168,3	200	350	4,5	1163	266,20
DN200	50	50	100	219,1	250	420	6,3	1320	431,86
DN250	50	50	100	273	323	480	6,3	1320	697,11
DN300	50	50	100	323,9	380	540	7,1	1377	972,37

Материал сильфона : Нержавеющая Сталь 12Х18Н10Т (Опц. 08Х18Н10, 03Х16Н15М3, 10Х17Н13М2Т)
Тип соединений : Под приварку
Материал соединений : Углеродистая сталь Ст3сп (Опц. ст.10, ст.20, 17ГС, 20К, Ст3кп)
Материал шарнира : Углеродистая сталь Ст3сп (Опц. ст.10, ст.20, 17ГС, 20К, Ст3кп)
Расчетное давление : 16 бар
Диапазон рабочих темп. : -80/+427 °С

- 1- Возможна модификация конструкции по требованию пользователя.
2- В случае высоких давлений и температур или использования в особых внешних условиях, пожалуйста, свяжитесь с производителем.

Компенсатор сильфонный поворотный
карданно типа SISKB



SISKB-150

DN	СМЕЩЕНИЕ (мм)			СИЛЬФОН (мм)		D1 мм	s мм	L мм	Эффективная площадь см ²
	± X	± Z	± Y	ØDi	ØD0				
DN25	50	50	150	38	48,2	90	2,3	1107	14,58
DN32	50	50	150	42,2	55	105	2,6	1107	18,62
DN40	50	50	150	48,3	61	115	2,6	1107	23,44
DN50	50	50	150	60,3	76	140	2,9	1185	36,46
DN65	50	50	150	76,1	95	160	2,9	1235	57,45
DN80	50	50	150	88,9	111	190	3,2	1255	78,42
DN100	50	50	150	114,3	140	250	3,6	1285	137,09
DN125	50	50	150	139,7	164	285	4	1463	181,01
DN150	50	50	150	168,3	200	350	4,5	1463	266,20
DN200	50	50	150	219,1	250	420	6,3	1680	431,86
DN250	50	50	150	273	323	480	6,3	1680	697,11
DN300	50	50	150	323,9	380	540	6,3	1727	972,37

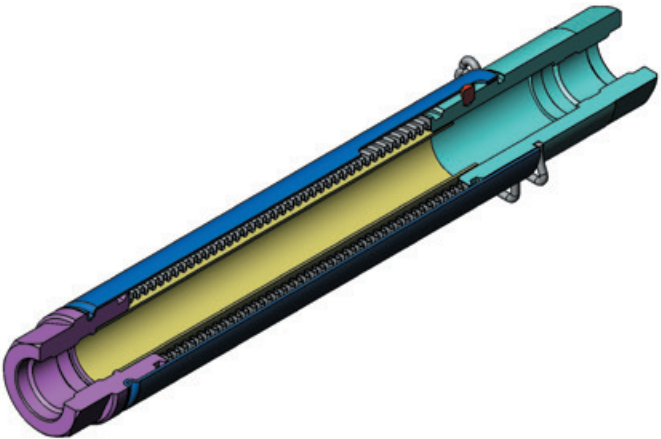
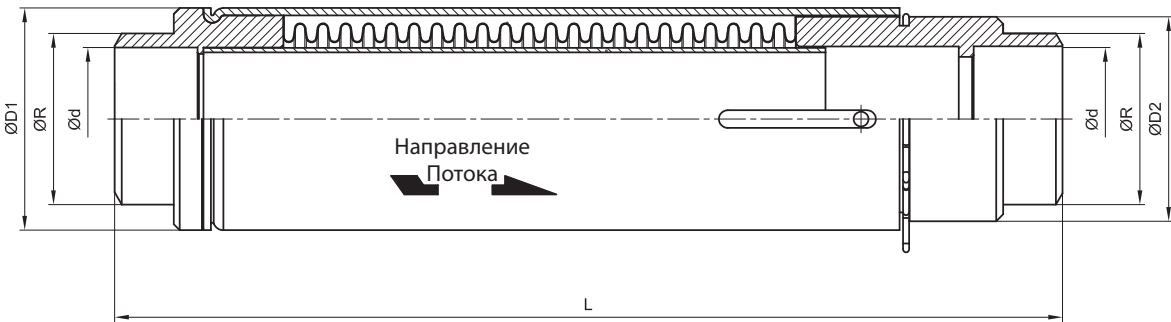
SISKB-200

DN	СМЕЩЕНИЕ (мм)			СИЛЬФОН (мм)		D1 мм	s мм	L мм	Эффективная площадь см ²
	± X	± Z	± Y	ØDi	ØD0				
DN25	50	50	200	38	48,2	90	2,3	1307	14,58
DN32	50	50	200	42,2	55	105	2,6	1307	18,62
DN40	50	50	200	48,3	61	115	2,6	1307	23,44
DN50	50	50	200	60,3	76	140	2,9	1405	36,46
DN65	50	50	200	76,1	95	160	2,9	1485	57,45
DN80	50	50	200	88,9	111	190	3,2	1485	78,42
DN100	50	50	200	114,3	140	250	3,6	1535	137,09
DN125	50	50	200	139,7	164	285	4	1763	181,01
DN150	50	50	200	168,3	200	350	4,5	1763	266,20
DN200	50	50	200	219,1	250	420	6,3	2030	431,86
DN250	50	50	200	273	323	480	6,3	2080	697,11
DN300	50	50	200	323,9	380	540	7,1	2127	972,37

Материал сильфона : Нержавеющая Сталь 12Х18Н10Т (Опц. 08Х18Н10, 03Х16Н15М3, 10Х17Н13М2Т)
Тип соединений : Под приварку
Материал соединений : Углеродистая сталь Ст3сп (Опц. ст.10, ст.20, 17ГС, 20К, Ст3кп)
Материал шарнира : Углеродистая сталь Ст3сп (Опц. ст.10, ст.20, 17ГС, 20К, Ст3кп)
Расчетное давление : 16 бар
Диапазон рабочих темп. : -80/+427 °С

1- Возможна модификация конструкции по требованию пользователя.
2- В случае высоких давлений и температур или использования в особых внешних условиях, пожалуйста, свяжитесь с производителем.

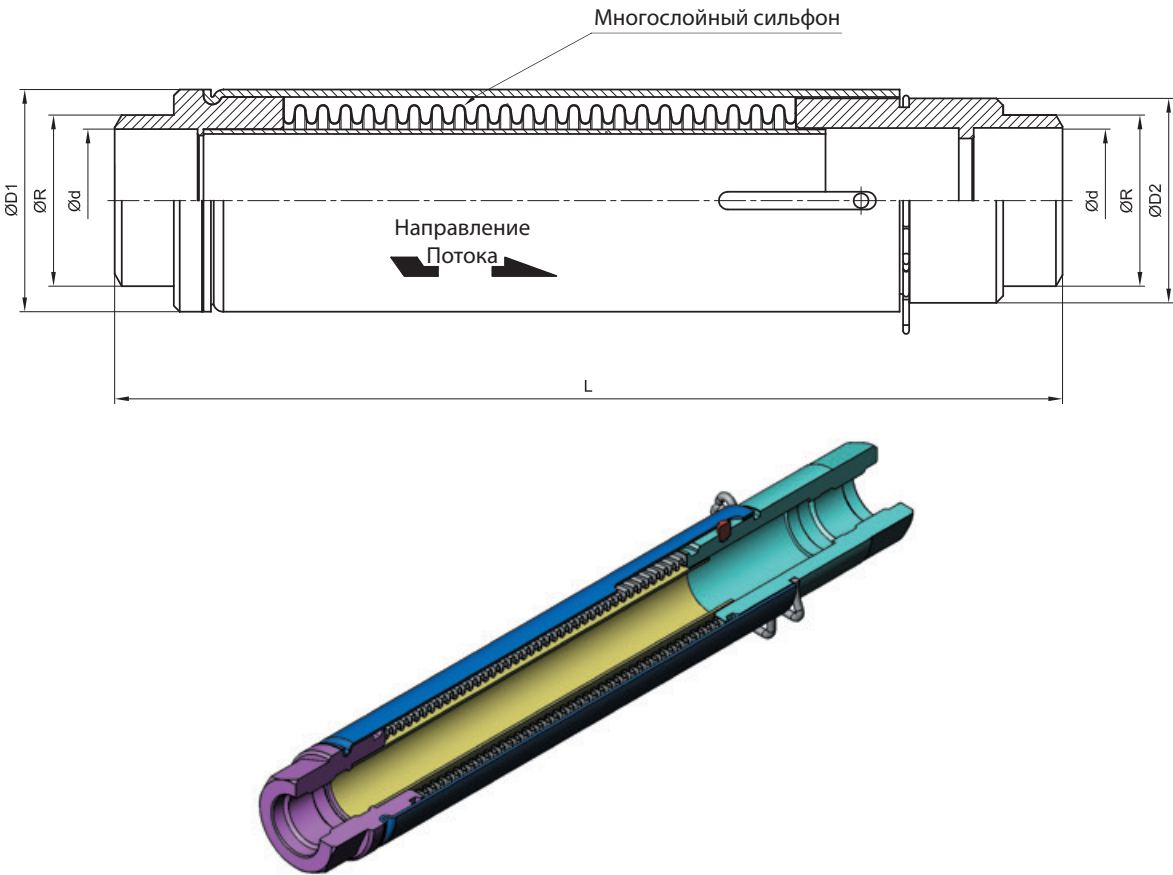
Компенсатор сильфонный для систем многоэтажных
зданий ВККВ-50



ØR"		ØD1 мм	ØD2 мм	Ød мм	L мм	Жесткость Н/мм	Эффективная Площадь см ²
R1/2"	Ø21,3	38	35	16,3	260	32,4	7,14
R3/4"	Ø26,9	38	35	20,9	260	32,4	7,14
R1"	Ø33,7	48	44	27,7	285	24,3	12,13
R1 1/4"	Ø42,2	60	54	36,4	320	28,3	16,44
R1 1/2"	Ø48,3	75	69	42,3	320	38,4	26,65
R2"	Ø60,3	75	69	54,3	320	38,4	26,65

Материал корпуса : Алюминий
Материал сильфона : Нержавеющая сталь 03Х16Н15М3 (Опц. 12Х18Н10Т, 08Х18Н10, 10Х17Н13М2Т)
Внутренний экран : Нержавеющая Сталь 08Х18Н10 (Опц. 12Х18Н10Т, 03Х16Н15М3, 03Х16Н15М3, 10Х17Н13М2Т)
Тип соединений : Под приварку
Материал соединений : Углеродистая сталь Ст3сп (Опц. ст.10, ст.20, 17ГС, 20К, Ст3кп)
Максимальная Рабочая температура : 100 °С
Расчетное давление : 16 бар
Осевое смещение : 50 мм (-45, +5)

Компенсатор сильфонный многослойный для систем
многоэтажных зданий 2BKKB-50



ØR"	ØD1 мм	ØD2 мм	Ød мм	L мм	Жесткость Н/мм	Эффективная Площадь см²
R1/2"	Ø21,3	38	35	16,3	22,4	7,14
R3/4"	Ø26,9	38	35	20,9	22,4	7,14
R1"	Ø33,7	48	44	27,7	22,3	12,13
R1 1/4"	Ø42,2	60	54	36,4	34,7	16,44
R1 1/2"	Ø48,3	75	69	42,3	22,4	26,65
R2"	Ø60,3	75	69	54,3	108,3	26,65

Материал корпуса : Алюминий
Материал сильфона : Нержавеющая сталь 03X16H15M3 (Опц. 12X18H10T, 08X18H10, 10X17H13M2T)
Внутренний экран : Нержавеющая Сталь 08X18H10 (Опц. 12X18H10T, 03X16H15M3, 03X16H15M3, 10X17H13M2T)
Тип соединений : Под приварку
Материал соединений : Углеродистая сталь Ст3сп (Опц. ст.10, ст.20, 17ГС, 20К, Ст3кл)
Максимальная Рабочая температура : 100 °С
Расчетное давление : 16 бар
Осевое смещение : 50 мм (-45, +5)

Схема расположения компенсаторов и опор для
вертикальных стояков многоэтажных зданий

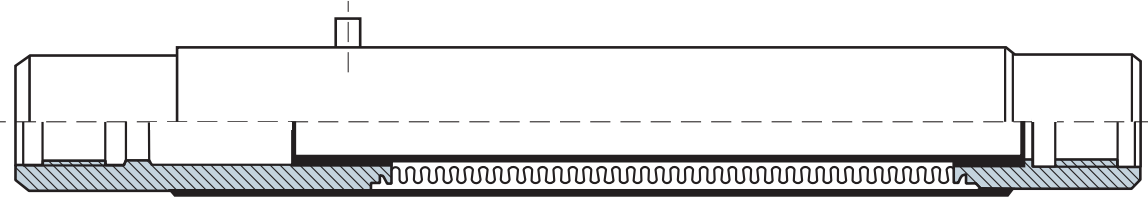
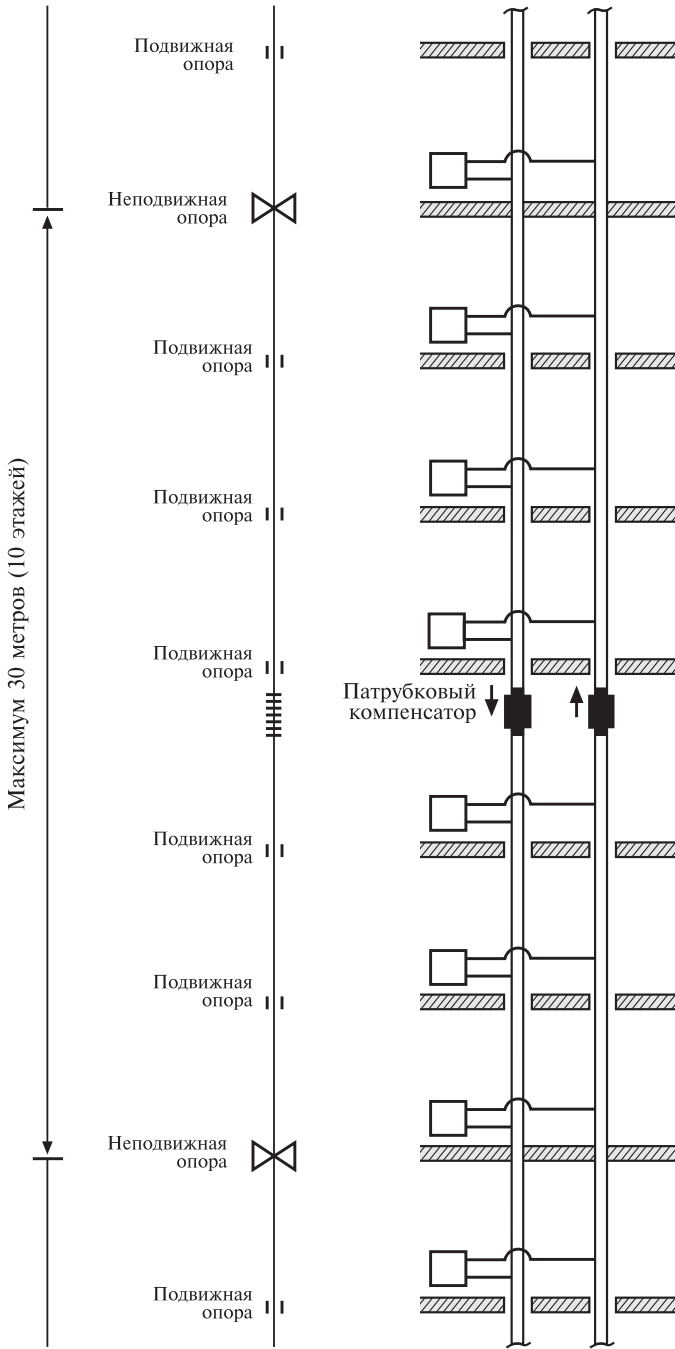
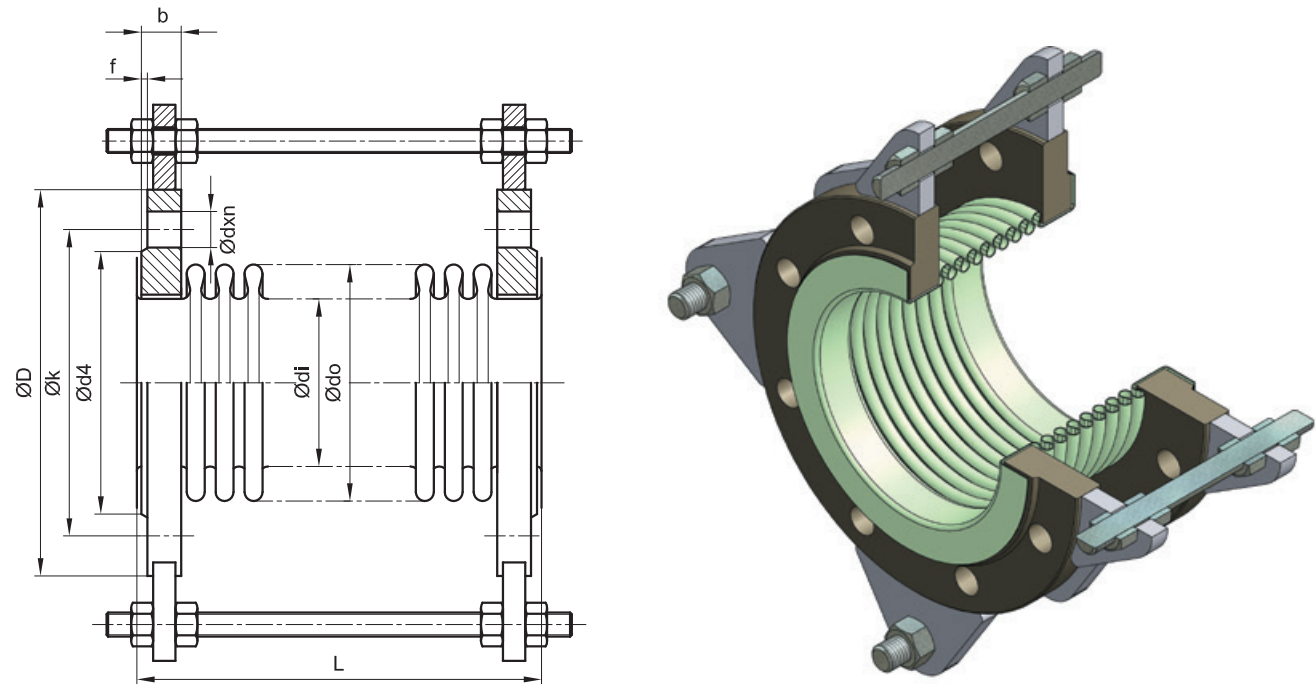


ТАБЛИЦА ТЕПЛОВОГО СМЕЩЕНИЯ

Длина трубы	60°C	70°C	80°C	90°C	100°C
20	13.2 мм	15.6 мм	17.8 мм	20.2 мм	22.6 мм
25	16.5 мм	19.5 мм	22.3 мм	25.3 мм	28.3 мм
30	19.8 мм	23.4 мм	26.7 мм	30.3 мм	33.9 мм
35	23.1 мм	27.3 мм	31.2 мм	35.4 мм	39.6 мм
40	26.4 мм	31.2 мм	35.6 мм	40.4 мм	45.2 мм
45	29.7 мм	35.1 мм	40.1 мм	45.5 мм	50.9 мм
50	33.0 мм	39.0 мм	44.5 мм	50.5 мм	56.5 мм
55	36.3 мм	42.9 мм	49.0 мм	55.6 мм	62.2 мм
60	39.6 мм	46.8 мм	53.4 мм	60.6 мм	67.8 мм
65	42.9 мм	50.7 мм	57.9 мм	65.7 мм	73.5 мм
70	46.2 мм	54.6 мм	62.3 мм	70.7 мм	79.1 мм
75	49.5 мм	58.5 мм	66.8 мм	75.8 мм	84.8 мм
80	52.8 мм	62.4 мм	71.2 мм	80.8 мм	90.4 мм
85	56.1 мм	66.3 мм	75.7 мм	85.9 мм	96.1 мм
90	59.4 мм	70.2 мм	80.1 мм	90.9 мм	101.7 мм
95	62.7 мм	74.1 мм	84.6 мм	96.0 мм	107.4 мм
100	66.0 мм	78.0 мм	89.0 мм	101.0 мм	113.0 мм



Виброгасящие компенсаторы
МКТУ-30



DN	ØD mm	Øk mm	Ød4 mm	f mm	b mm	Ødxn mm	Ødi mm	Ødo mm	L mm
DN25	115	85	68	2	16	Ø 14x4	38	48,2	110
DN32	140	100	78	2	16	Ø 18x4	42,4	55	115
DN40	150	110	88	3	16	Ø 18x4	48,3	61	120
DN50	165	125	102	3	18	Ø 18x4	60,3	76	110
DN65	185	145	122	3	18	Ø 18x4	76,1	95	110
DN80	200	160	138	3	20	Ø 18x8	88,9	111	110
DN100	220	180	158	3	20	Ø 18x8	114,3	150	115
DN125	250	210	188	3	22	Ø 18x8	139,7	164	120
DN150	285	240	212	3	22	Ø 23x8	168,3	200	145
DN200	340	295	268	3	24	Ø 23x12	219,1	250	140
DN250	405	355	320	3	26	Ø 27x12	273	323	150
DN300	460	410	378	4	28	Ø 27x12	323,9	380	150

Материал сильфона : Нержавеющая Сталь 12X18H10T (Опц. 08X18H10, 03X16H15M3, 10X17H13M2T)
Материал фланца : Углеродистая сталь Ст3сп (Опц. ст.10, ст.20, 17ГС, 20К, Ст3кп)
Материал стяжки : Углеродистая сталь Ст3сп (Опц. ст.10, ст.20, 17ГС, 20К, Ст3кп)
Расчетное давление : 16 бар
Диапазон рабочих температур : -80/+427 °C

- 1- Возможна модификация конструкции по требованию пользователя.
2- Размеры даны в соответствии с DIN стандартом фланцев. Также доступны другие стандарты, такие как: ГОСТ, ASTM, BS, ANFOR и UNI.
3- Пожалуйста свяжитесь с производителем в случае высоких давлений и температур или использования в особых внешних условиях.

ГЛАВА VII
Различные конструкции компенсаторов расширения:

Осевые, боковые или угловые сильфонные компенсаторы применяются для предотвращения проблем, связанных с расширением и вибрацией. Однако, в некоторых случаях, когда рабочее давление превышает допустимые уровни, или если стандартные конструкции компенсаторов не удовлетворяют требованиям, необходимо использовать сбалансированные или универсальные сильфонные компенсаторы.

VII. 1 Сильфонные компенсаторы, сбалансированные по давлению:

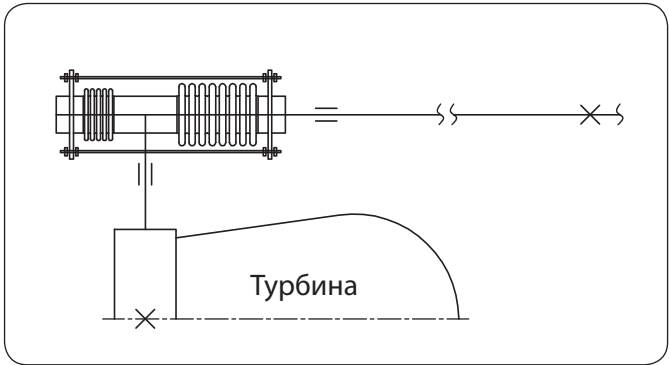


Рисунок VII-1

Типичное применение сбалансированных компенсаторов показано на рис. VII.1. В этом применении, осевые и боковые смещения около выхода из турбины амортизируются сбалансированным компенсатором. Использование неподвижных опор на концах трубы и линий турбины и промежуточные скользящие опоры обеспечивают способность амортизировать вибрации. Такое оборудование также полезно для предотвращения передачи в турбину сил, вызванных расширением трубопровода.

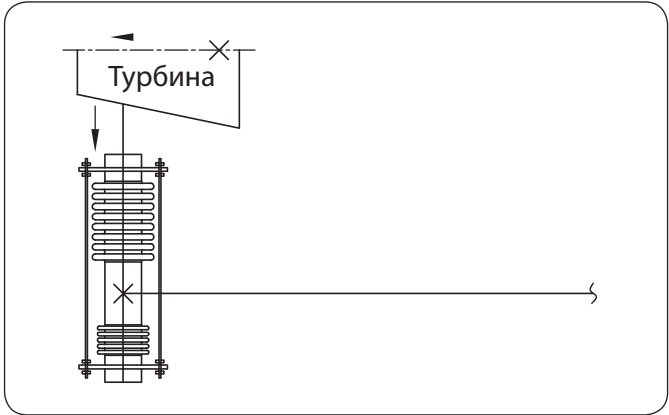


Рисунок VII-2

Рис. VII-2 иллюстрирует еще одно применение сбалансированных компенсаторов. В этом приложении центр сбалансированного по давлению сильфонного компенсатора зафиксирован от своей середины до точки вблизи выхода из турбины, которая закреплена неподвижной опорой. Так как расстояние между турбиной и сильфонным компенсатором очень мало, нет необходимости использовать какие-либо направляющие опоры.

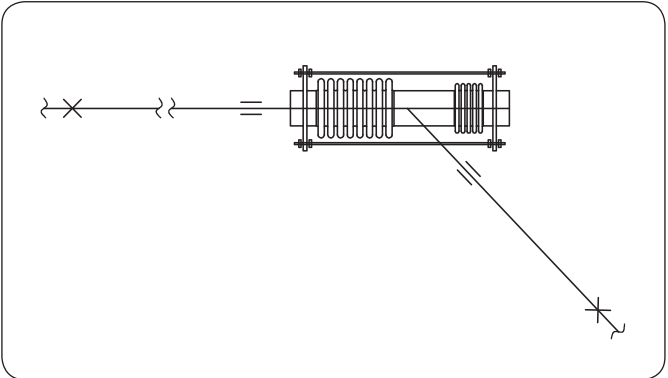


Рисунок VII-3

Сбалансированные компенсаторы можно применять, если в трубопроводах необходимо реализовать повороты больше чем на 90°. Если в главных трубопроводах происходит осевое и тепловое расширение, то в боковых компенсаторах имеют место одновременно осевое и боковое расширение. Как видно на рис. VII-1, с суммарным расширением справляются направляющие и неподвижные опоры, расположенные на обоих концах трубопровода.

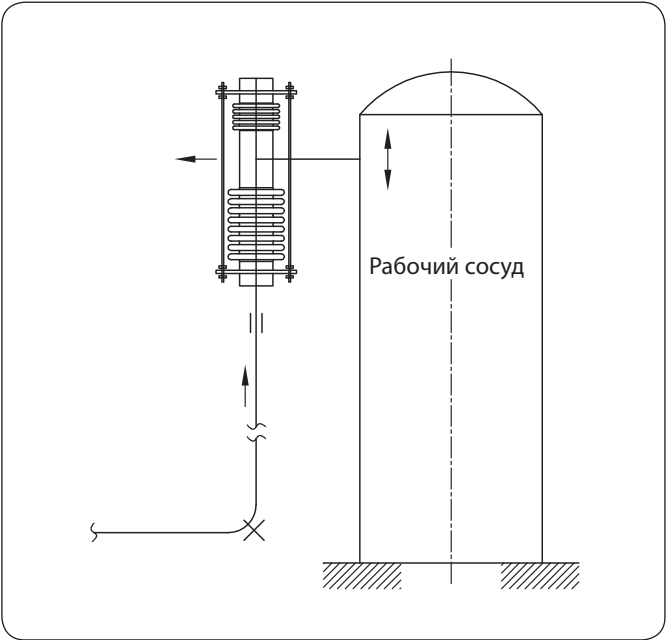


Рисунок VII-4

Рис. VII-4 иллюстрирует еще один тип применения сбалансированных компенсаторов. Различие в расширениях рабочего сосуда и трубопровода, расположенных параллельно, может амортизироваться всего одним сбалансированным компенсатором. С другой стороны, труба должна быть прикреплена к земле с помощью неподвижной опоры. Направляющая опора, расположенная под компенсатором, обеспечивает смещение в осевом направлении. Если высота компенсатора слишком велика, компенсатор можно закрепить прямо на рабочем сосудах.

Причиной боковых смещений, помимо всех перечисленных выше причин, могут быть некоторые природные явления, такие как ветер. Эти смещения могут поглощаться сбалансированными компенсаторами.

VII . 2 Универсальные сильфонные компенсаторы:

На примерах, приведенных в главе V, объяснялось как сортировать проблемы, возникающие при использовании угловых сильфонных компенсаторов. В этих примерах угловые компенсаторы рассматривались как самодостаточные устройства. Для ситуаций, когда смещения происходят в нескольких направлениях, одних только угловых компенсаторов недостаточно.

Для такого рода проблем подходящим решением было бы применение универсальных компенсаторов. Стяжки, проходящие через сильфонный компенсатор, допускают осевые и боковые смещения. Они обеспечивают баланс смещения между сильфонами, нагрузка давления компенсируется неподвижными опорами на концах трубопровода.

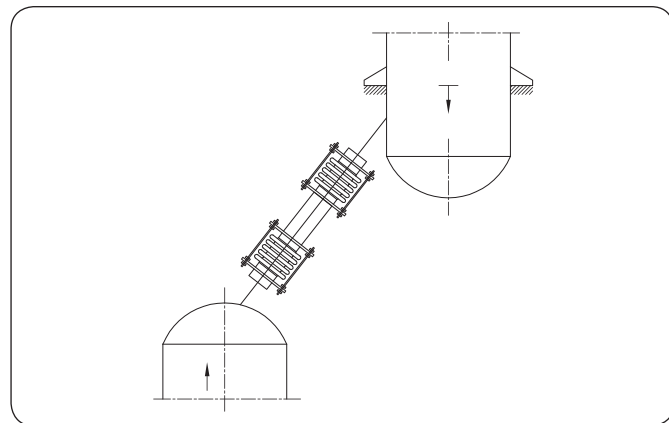


Рисунок VII-5

Рисунок VII-5 иллюстрирует упомянутое выше приложение. Видно, что расширения рабочего сосуда направлены в противоположную сторону. Универсальный сильфонный компенсатор использован в центре системы труб. Рабочие сосуды должны быть спроектированы так, чтобы компенсировать нагрузку давления трубопровода.

Вместе с технологическим развитием увеличивались рабочие температуры и давления. В современных проектах основной упор сделан на уменьшении материалоемкости и использовании больших тепловых установок. Поэтому количество направляющих и неподвижных опор необходимо сокращать. Эти факторы делают использование универсальных

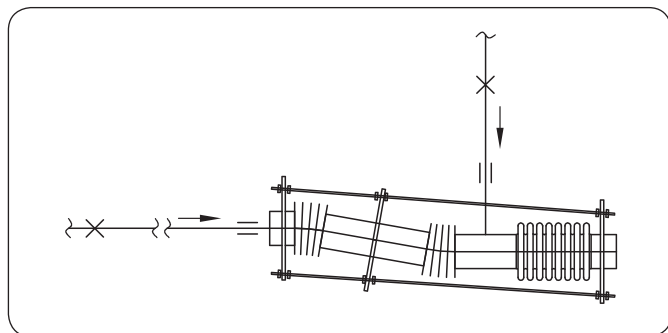


Рисунок VII-6

компенсаторов в данном случае наиболее распространенным решением.

Сбалансированные по давлению универсальные сильфонные компенсаторы необходимо применять в случаях, когда нужно компенсировать очень большие боковые расширения без использования достаточного количества направляющих. Рисунок VII-6 иллюстрирует пример такого рода применения.

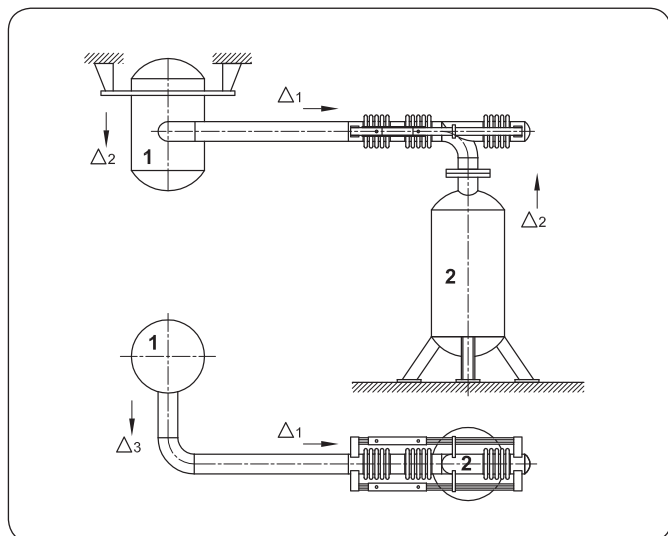


Рисунок VII-7

Как видно из рисунка сильфон справа расширяется только вдоль оси. Чтобы достичь этого, необходима очень точная конструкция растяжек.

Рисунок VII-7 показывает соединение между двумя рабочими сосудами. Расширения рабочих сосудов под номерами 1 и 2 осуществляются вертикально и направлены друг против друга. Вследствие горизонтального смещения соединения трубы и сосуда, обозначенного как 1, сильфонный компенсатор должен иметь возможность двигаться во всех плоскостях. Для этого стяжки универсальных компенсаторов оснащены двойными шарнирами.

VII . 3 Герметичные компенсаторы:

Для компенсации очень больших расширений на длинных трубах требуются различные конструкции компенсаторов. Компенсация сильных температурных расширений с помощью осевых сильфонных компенсаторов возможна только путем увеличения числа количества гофр, но это увеличивает возможность кручения. Применение внутренних экранов может уменьшить кручение, но они также уменьшают способности компенсаторов к смещению. В таких ситуациях герметичные компенсаторы предоставляют наиболее эффективное решение. Но такое применение возможно только для сильфонных компенсаторов маленького и среднего размера.

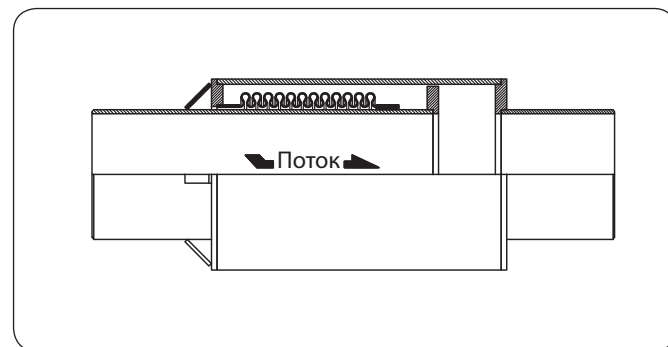


Рисунок VII-8

Как видно из рисунка VII-8, герметичные компенсаторы изменяют направление течения и передают давление к сильфону с внешней стороны. Сопротивление сильфонов, находящихся под внешним давлением, по отношению к высокому давлению и кручению возрастает. Такая прочная структура позволяет безопасно компенсировать большие смещения.

VII . 4 Аксессуары для компенсаторов расширения:

Для максимально эффективного использования сильфонных компенсаторов могут потребоваться различные аксессуары в зависимости от области применения. Они описаны ниже.

VII . 4. а Стяжки:

Как пояснялось выше, в процессе работы сильфонных компенсаторов возникают разные типы сил. Численные примеры, оценивающие эти силы даны в главах III,IV,V. Самыми функциональными элементами для компенсации этих сил являются неподвижные опоры. Однако, в ряде случаев, одних только неподвижных опор не достаточно. В этих случаях необходимо применять стяжки. (См. Рис. 1-5). Конструкции стяжек проектируются производителем. Первоочередной задачей при проектировании стяжек является предотвращение сжимающего напряжения. Учет действия следующих сил при расчете конструкции гарантирует безопасное конструктивное решение.

- Вес промежуточной трубы между сильфонами и материалом изоляции

- Вес жидкости, транспортируемой в ходе работы или испытания.
- Резкие нагрузки, связанные с природными явлениями, такими как ветер или землетрясение.
- Возможные осевые кручения.

Проектирование завершается учетом температурных условий и особенностей течения. Длина и диаметр растяжек рассчитываются в соответствии с заданными параметрами и диаметром сильфонного компенсатора.

VII . 4. б Экраны:

Экраны – это элементы, которые увеличивают эффективность осевых сильфонных компенсаторов. Использование этих элементов необходимо в следующих случаях.

- Если потери на трение в жидкости велики
- Если скорость жидкости слишком велика и это служит причиной вибраций, которые очень близки к резонансному значению.

(Скорость, которая может вызвать резонанс, указывается производителем. Если турбулентность возникает по любой причине, такой как изменение направления течения, вентили, изгибы и т.п., точная скорость течения умножается на коэффициент безопасности).

- Если имеются каталитические или кислотные условия при высокой температуре и существует риск эрозии.
- Если появляется возвратное течение.
- Для защиты сильфонов от высокой температуры и сохранения физических условий.

Применение экранов не рекомендуется в следующих условиях:

Не рекомендуется использовать экраны при транспортировке жидкостей с очень высокой вязкостью таких, как битум. Вследствие быстрого затвердевания, такие жидкости могут быть причиной раннего износа сильфонного компенсатора.

Экраны могут быть изготовлены из углеродистой стали, различных марок нержавеющей стали или из того же материала, что и сильфоны. Конструкции вкладышей зависят от номинального диаметра компенсатора, скорости жидкости и их собственной длины. Если жидкость движется вертикально, то разгрузочные отверстия должны быть открыты под втулками. Это предотвращает возможное накопление частиц в складках гофры.

VII . 4. с Защитный кожух:

Защитный кожух был рассмотрен ранее в главе II.1. Эти элементы закрепляются на сильфонном компенсаторе снаружи и защищают сильфоны от механических повреждений. Если сильфонный компенсатор требуется изолировать, то изоляционный материал необходимо наносить на кожух.

VII. 5 Типы соединений сильфонных компенсаторов:

Соединение сильфонных компенсаторов с системами трубопроводов осуществляется тремя способами.

VII. 5. а Приварной патрубок: (Рис. III.1)

В соединениях такого типа, сильфон компенсатора приваривается к подбора соединения. Сильфонный компенсатор приваривается к трубопроводу с обоих концов.

VII. 5. б Подвижный фланец: (Рис.III.2)

В компенсаторах с подвижным фланцем сильфон перегибается через фланцы так, что жидкость не может контактировать с фланцами. Свободно вращающиеся фланцы обеспечивают простоту установки компенсаторов.

VII. 5. с Неподвижный Фланец: (Рис.III.3)

Сильфон компенсатора приваривается к фланцу или к горловине фланца. Как пояснялось выше, этот тип соединения особенно полезен в системах высокого давления.

VII. 6 Способы подбора соединений:

Пользователи должны предоставить при заказе максимальное количество информации о соединении. В особенности это касается специальных типов сильфонных компенсаторов, требующих специальные типы соединений.

Например, применение вращающихся фланцев в случаях, когда рекомендуется использование плоского фланца, может привести к серьезным последствиям в процессе работы. Поэтому для таких условий более подходящим был бы выбор компенсатора с неподвижным фланцем. Производитель может применять фланцы разных стандартов таких как DIN, ANSI и других. По запросу заказчика могут использоваться фланцы со специальными габаритами, изготовленные из выбранного материала.

Габариты фланцев ANSI стандарта ограничены 24 дюймами, с другой стороны, в соответствии со стандартом DIN можно изготовить сильфонный компенсатор размером вплоть до 3000 мм. Для фланцев диаметром, большим чем 24 дюйма, необходимо заполнить подробную таблицу выбора фланцев или использовать фланцы стандарта DIN.

Для правильного выбора фланцев смотрите таблицу в главе IX.

VII. 7. Применение специальных конструкций:

Кроме компенсации тепловых расширений и вибраций компенсаторы могут применяться для решения других задач заказчика. Ниже приведены примеры особого применения сильфонных компенсаторов.

VII. 7. а Применение в теплообменниках:

Существует два способа применения сильфонных компенсаторов в теплообменниках.

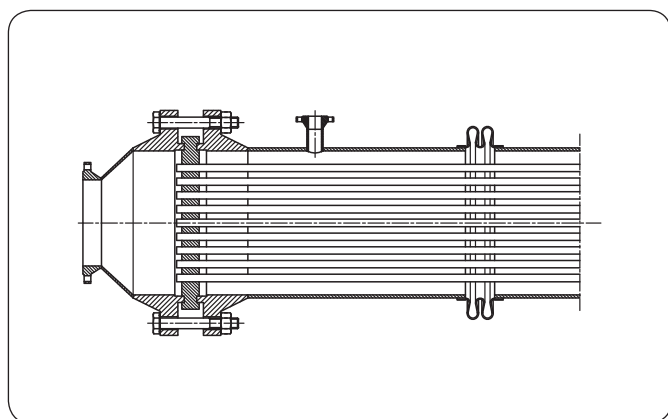


Рисунок VII-9

На рис. VII-9, сильфонный компенсатор, установленный на корпусе теплообменника, амортизирует расширение. Такое применение возможно для малых и средних теплообменников.

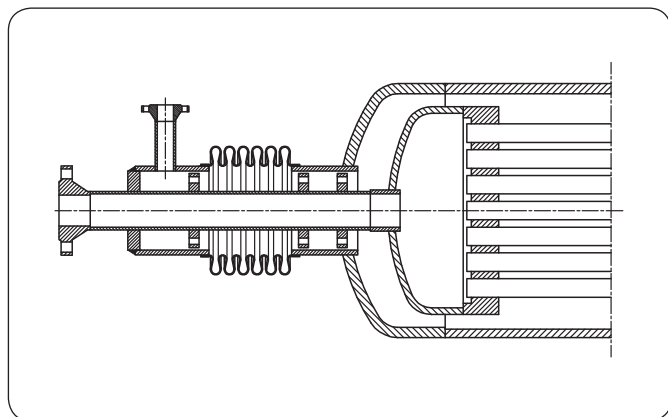


Рисунок VII-10

Приложение применительно к большим теплообменникам показано на рис.VII-10. В таких проектах, основная часть теплообменника свободно расширяется и это расширение компенсируется за счет сильфонного компенсатора малого размера.

VII. 7. б Применение сильфонного компенсатора расширения при разборке:

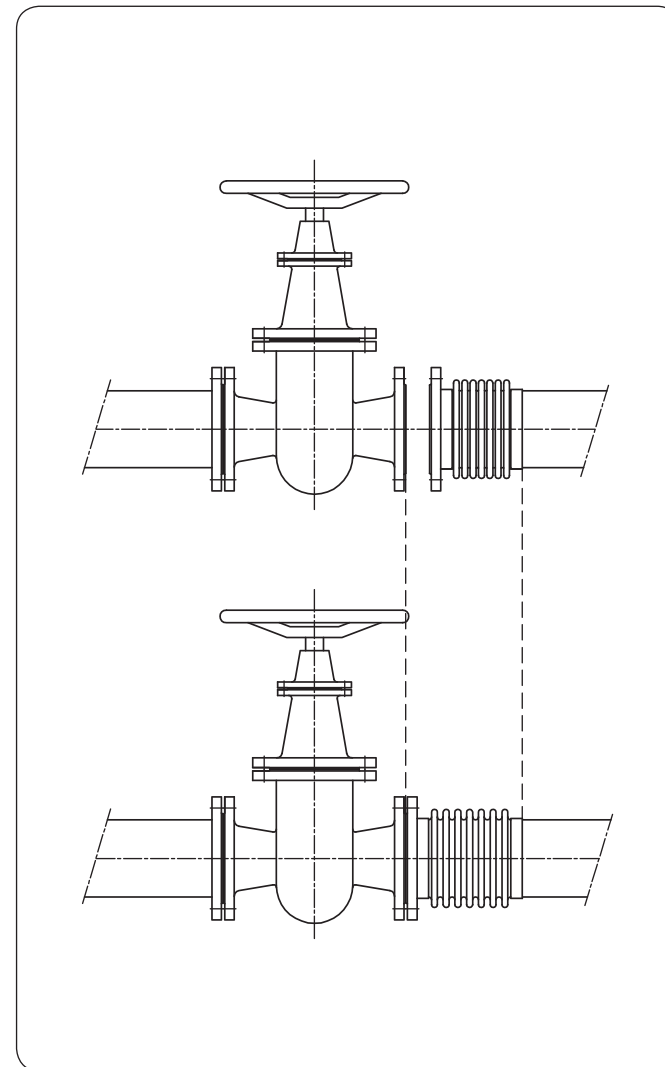


Рисунок VII-11

VII. 7. д Применение на длинных трубопроводах:

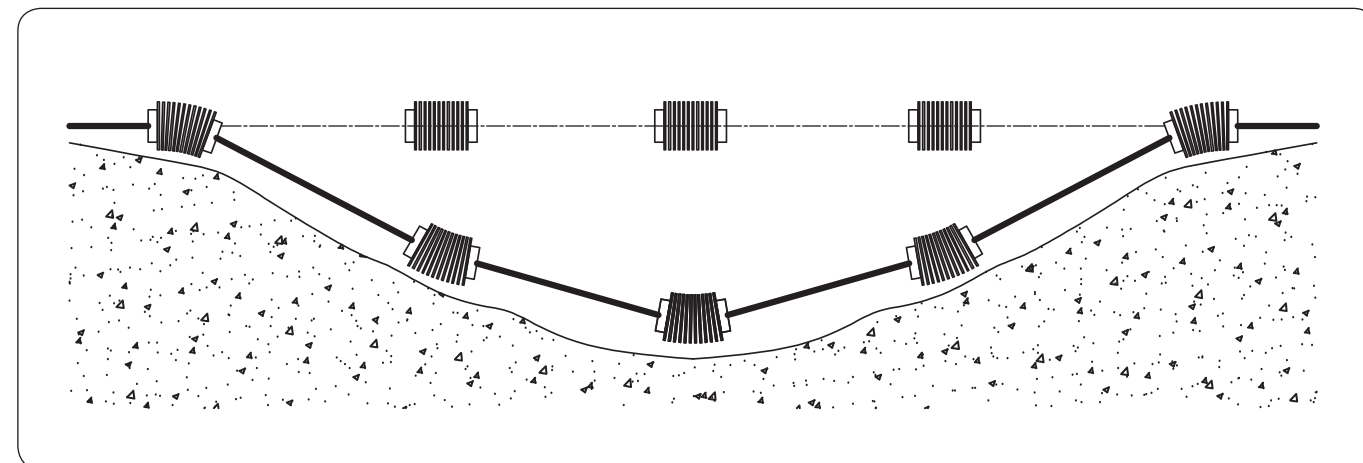


Рисунок VII-13

В жестких системах трубопроводов разборка таких элементов, как вентили и др. сильно затруднена, а иногда и невозможна. Проблема такого рода может быть решена использованием осевых сильфонных компенсаторов. В таких случаях сильфон компенсатора сжимается, и появляется дополнительное пространство. Рис. VII-11 иллюстрирует использование осевого сильфонного компенсатора при разборке. Кроме того, этот способ применения весьма полезен для создания ненагруженной рабочей области.

VII. 7. с Уплотнение вентилей:

В вакуумных приложениях и при транспортировке кислот, сильфоны из нержавеющей стали могут быть использованы в качестве уплотняющих деталей вентилей, установленных на этих трубопроводах. Рис.VII-12

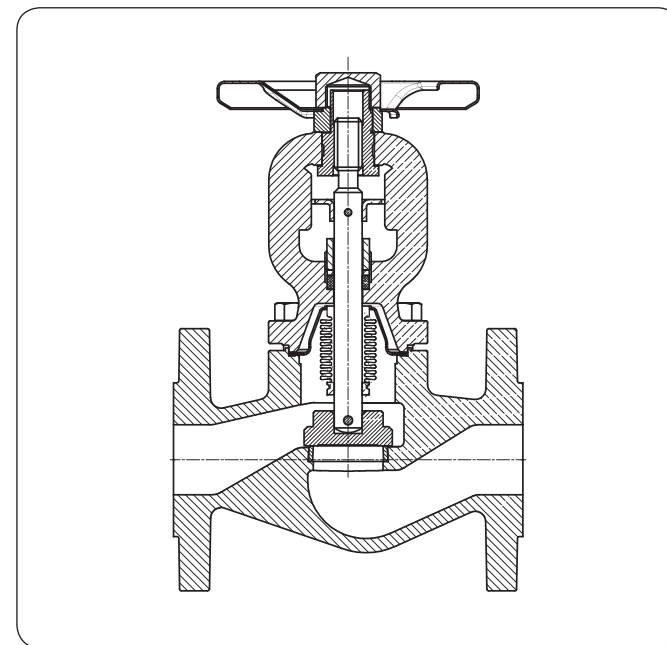


Рисунок VII-12

На очень длинных трубопроводах термическое расширение и эрозия приводят к появлению напряжений в трубах. Трубы, подверженные таким напряжениям, могут подвергнуться разрушению. Использование сильфонных компенсаторов, как это видно на рис.VII-13, может решить обе проблемы. Конструкции сильфонных компенсаторов зависят от погодных условий и соответственно от рисков эрозии.

VII. 7 e Гибкое соединение двигателя с валом:

На очень длинных трубопроводах термическое расширение и эрозия приводят к появлению напряжений в трубах. Трубы, подверженные таким напряжениям, могут подвергнуться разрушению. Использование сильфонных компенсаторов, как это видно на рис.VII-13, может решить обе проблемы. Конструкции сильфонных компенсаторов зависят от погодных условий и соответственно от рисков эрозии.

VII. 7. f В Системах центрального отопления:

Длина трубопроводов системы центрального отопления может быть очень большой. В случаях, когда расширение таких труб не компенсировано, оно может приводить к разрывам и протечкам и даже к повреждению строительных конструкций.

Рис. VII-15 иллюстрирует применение сильфонных компенсаторов на трубах, расположенных в некоторой бетонной строительной конструкции.

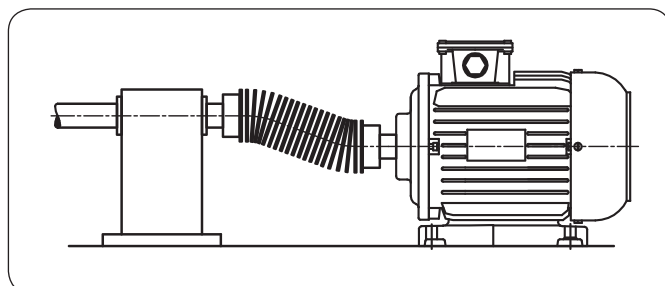


Рисунок VII-14

Рис VII-14 иллюстрирует применение сильфонных компенсаторов для достижения осевой и боковой гибкости соединения двигателя и вала с целью обеспечения идеальных рабочих условий.

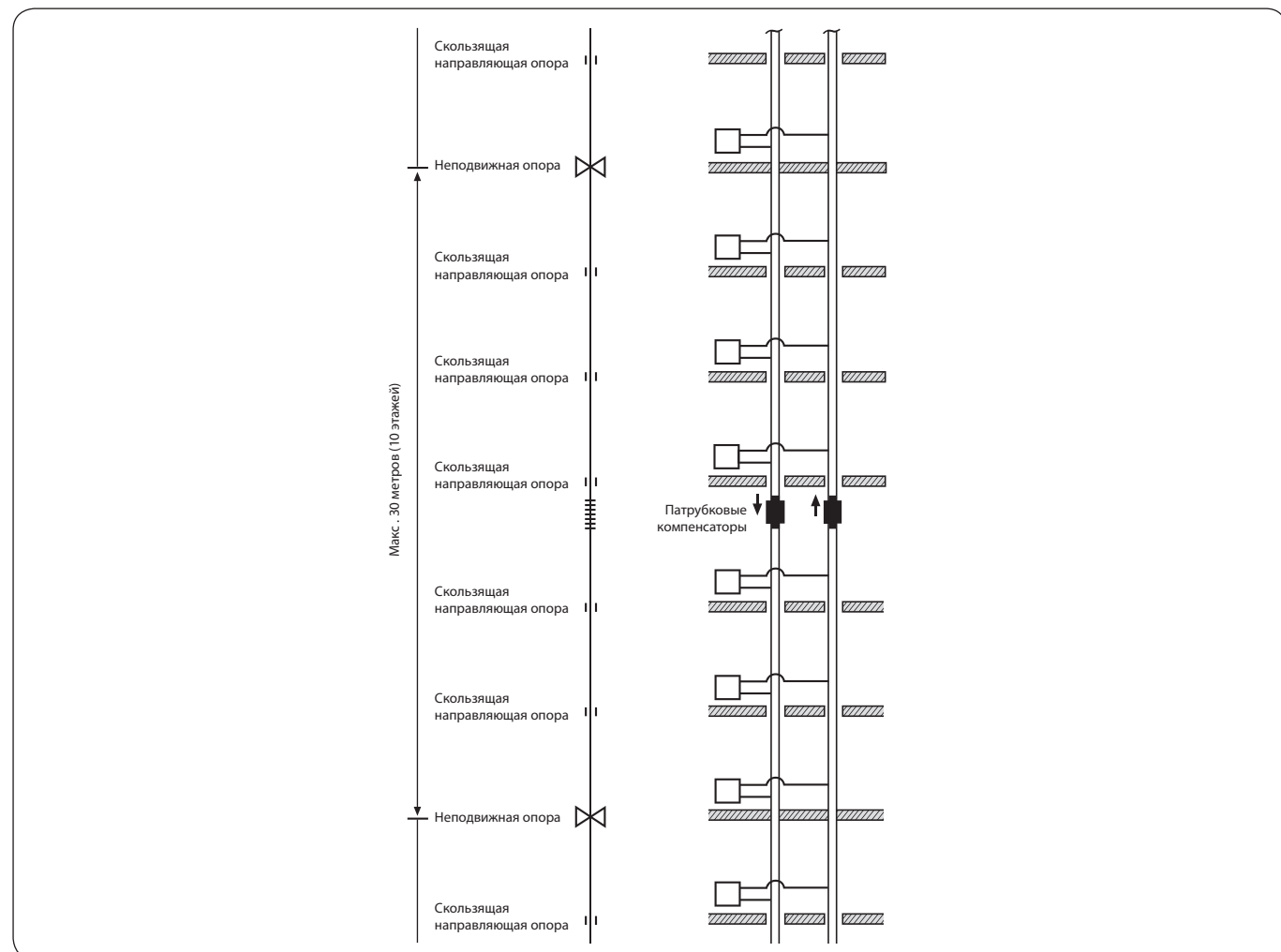


Рисунок VII-15

VI. 7. g Двуслойные сосуды под давлением:

Рис VII-16 иллюстрирует способ применения сильфонных компенсаторов для компенсации разности расширений между слоями двуслойного сосуда под давлением.

Приведенные выше примеры иллюстрируют наиболее распространенные приложения сильфонных компенсаторов. При использовании компенсаторов в других специальных целях, пожалуйста, обратитесь к производителю.

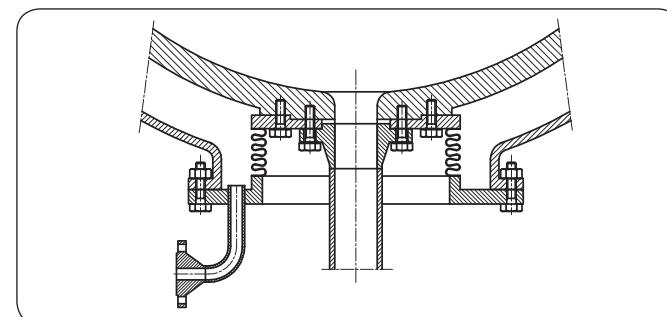


Рисунок VII-12

ГЛАВА VIII

Поглотители вибраций

VII. 1 Сильфонные компенсаторы, поглощающие вибрацию :

Важнейшая функция сильфонных компенсаторов, помимо компенсации температурных расширений, заключается в решении проблем, связанных с вибрацией. Сильфонные компенсаторы чрезвычайно эффективны, в особенности при компенсации вибрации высокой частоты и малой амплитуды. В случае сильных колебаний системы, таких как поршневой двигатель, компенсаторы не способны подавить вибрацию. Другими словами, можно грубо сказать, что амплитуда колебаний системы не должна превосходить 10% от суммарных перемещений компенсатора.

Еще один важный параметр при выборе сильфонного компенсатора – частота периодических смещений. Если частота колебаний системы, которые необходимо поглотить, близка к частоте свободных колебаний, велика опасность резонанса. По возможности, необходимо изменять частоту вибраций путем передислоцирования неподвижных опор. Изготовитель может определить характеристики сильфона и представить их пользователю.

При высоких расходах, внутри сильфона могут возникать области турбулентности. Возникшая турбулентность является основной причиной вибраций, которые могут повредить систему. Применение экранов во внутренней поверхности сильфонного компенсатора может предотвратить турбулентность и связанные с ней проблемы вибрации.

Простейшим решением для поглощения вибраций являются осевые сильфонные компенсаторы. Для предотвращения вибрации, необходимо также оценить силу, приложенную к неподвижным опорам. Как правило, давление в трубопроводах малого диаметра больше, чем в трубах большого диаметра. Следовательно сила, приложенная к неподвижным опорам, также меньше из-за площади поперечного сечения таких труб.

Другой важный аспект, обусловленный элементами, генерирующими вибрации – это трудности при сборке. Сильфонные компенсаторы могут решить эту проблему.

Кроме всего вышеприведенного, с целью предотвращения коррозии и сильфонные компенсаторы могут быть изготовлены из разных материалов. Таблица данных по коррозии, приведенная в главе IX, помогает выбрать наиболее подходящий материал для различных жидкостей.

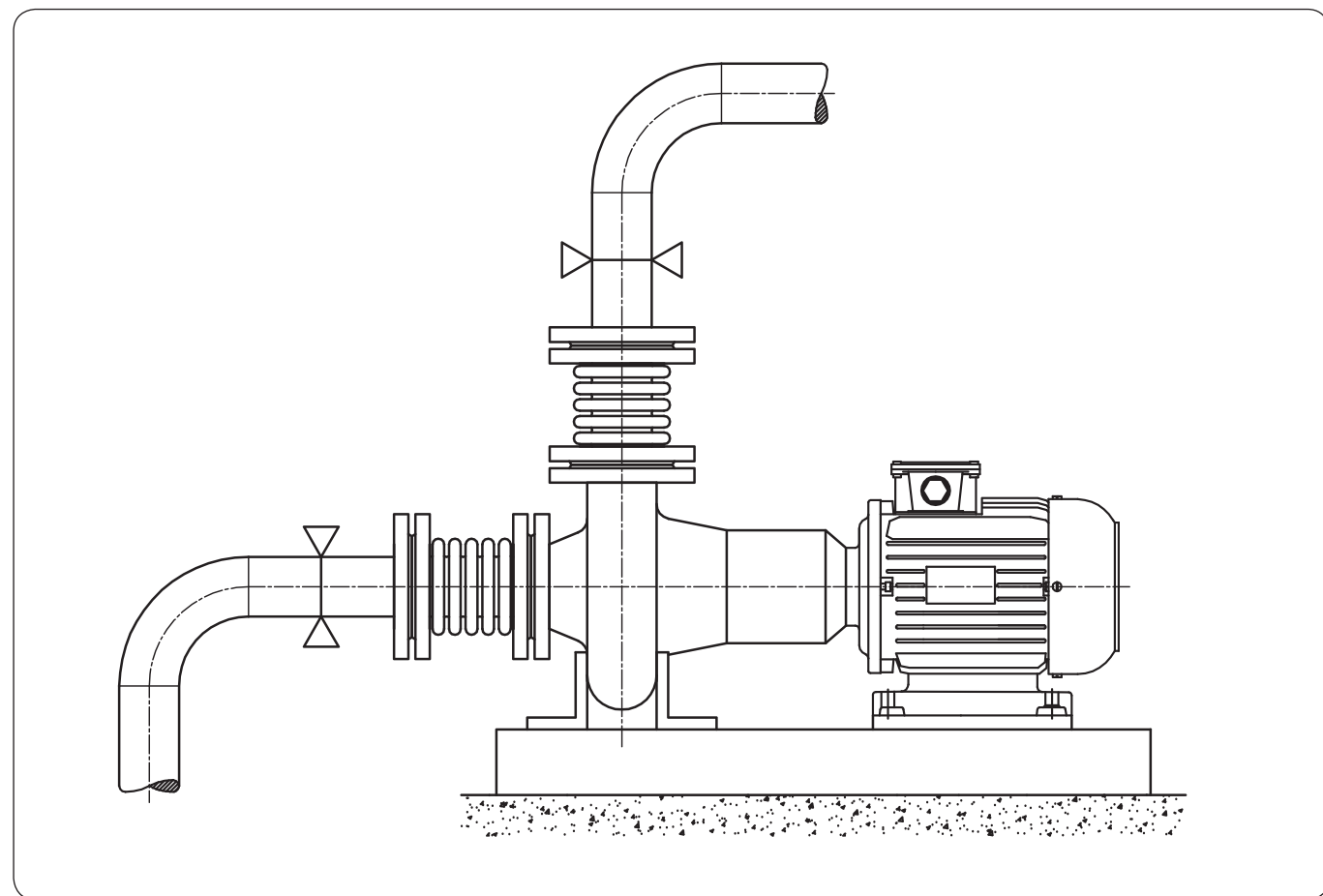


Рисунок VIII-1

ГЛАВА VIII

VII. 2 Примеры Использования :

В этой главе будут рассмотрены примеры использования сильфонных компенсаторов в качестве поглотителей вибрации. Применение компенсаторов с насосами проиллюстрировано соответствующими рисунками.

VIII. 2a. Насосы (Рисунок VIII-1) :

Как видно из рисунка, сильфонные компенсаторы использованы для соединения насоса и трубопровода, в месте, где находится выходной патрубок насоса. Неподвижные опоры за сильфонными компенсаторами используются для предотвращения передачи вибраций от насоса в трубу.

Использование сильфонных компенсаторов для поглощения вибраций также возможно в целях снижения вибрационного шума.

VIII. 2b. Сильфонные Компенсаторы (Рисунок VIII-2) :

Применение сильфонного компенсатора для поглощения вибраций показано на рис. VIII-2. В большинстве случаев, несмотря на изоляцию, смещения компрессора приводят к вибрациям в подсоединенных трубах. Использование сильфонного компенсатора за компрессорами способствует поглощению вибраций, обусловленных компрессорами, и обеспечивают системе идеальные рабочие условия.

В этой главе рассмотрены только наиболее общие приложения сильфонных компенсаторов в качестве поглотителей вибрации. В случаях, связанных с возникновением вибраций другой природы, пользователи должны обращаться к изготовителю.

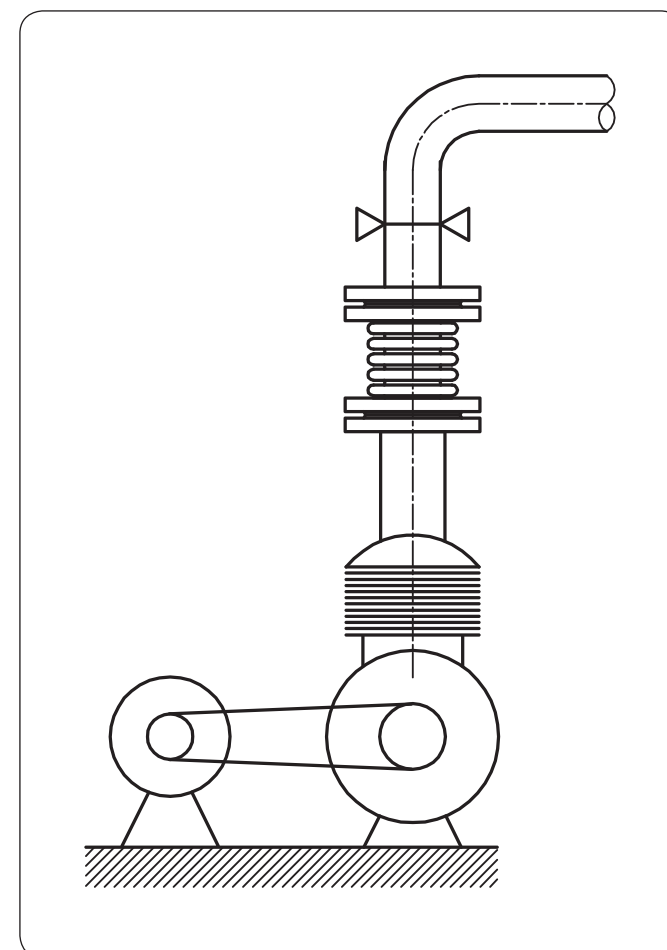


Рисунок VIII-2

Таблица IX-1 °C - °F Таблицы Температур

Примечание: °C. = 5/9 (°F.-32); °F. = 9/5 °C.+32

°C или °F				°C или °F				°C или °F				2.966.0°C или °F				°C или °F	
°C	-459.69 -5 °F			°C	-4 81 °F			°C	82 770 °F			°C	780 1640 °F			°C	1850 3000 °F
-273.16	-459.69			-20.00	-4	24.8	27.8	82	179.6			415.6	780	1.436.0	898.9	1.650	3.002.0
-267.78	-450			-19.44	-3	26.6	28.3	83	181.4			421.1	790	1.454.0	904.4	1.660	3.020.0
-262.22	-440			-18.89	-2	28.4	28.9	84	183.2			426.7	800	1.472.0	910.0	1.670	3.038.0
-256.67	-430			-18.33	-1	30.2	29.4	85	185.0			432.2	810	1.490.0	915.6	1.680	3.056.0
-251.11	-420			-17.8	0	32.0	30.0	86	186.8			437.8	820	1.508.0	921.1	1.690	3.074.0
-245.56	-410			-17.2	1	33.8	30.6	87	188.6			443.3	830	1.526.0	926.7	1.700	3.092.0
-240.00	-400			-16.7	2	37.4	31.1	88	190.4			448.9	840	1.544.0	932.2	1.710	3.110.0
-234.44	-390			-16.1	3	37.4	31.7	89	192.2			454.4	850	1.562.0	937.8	1.720	3.128.0
-228.89	-380			-15.6	4	39.2	32.2	90	194.0			460.0	860	1.580.0	943.3	1.730	3.146.0
-223.33	-270			-15.0	5	41.0	32.8	91	195.8			465.6	870	1.598.0	948.9	1.740	3.164.0
-217.78	-360			-14.4	6	42.8	33.3	92	197.6			471.1	880	1.616.0	954.4	1.750	3.182.0
-212.22	-350			-13.9	7	44.6	33.9	93	199.4			476.7	890	1.634.0	960.0	1.760	3.200.0
-206.67	-340			-13.3	8	46.4	34.4	94	201.2			482.2	900	1.634.0	965.6	1.770	3.218.0
-201.11	-330			-12.8	9	48.2	35.0	95	203.0			487.8	910	1.652.0	971.1	1.780	3.236.0
-195.960	-320			-12.2	10	50.0	35.6	96	204.8			493.3	920	1.670.0	976.7	1.790	3.254.0
-190.00	-310			-11.7	11	51.8	36.1	97	206.6			498.9	930	1.688.0	982.2	1.800	3.272.0
-184.44	-300			-11.1	12	53.6	36.7	98	208.4			504.4	940	1.706.0	987.8	1.810	3.290.0
-178.89	-290			-10.6	13	55.4	37.2	99	210.2			501.0	950	1.724.0	993.3	1.820	3.308.0
-173.33	-280			-10.0	14	57.2	37.8	100	212.0			515.6	960	1.742.0	998.9	1.830	3.326.0
-169.53	-273	16-459.69		-9.44	15	59.0	43.3	110	230.0			521.1	970	1.760.0	1.004.4	1.840	3.344.0
-168.89	-272	-457.6		-8.89	16	60.8	48.9	120	248.0			526.7	980	1.778.0	1.010.0	1.850	3.362.0
-167.78	-270	-454.0		-8.33	17	62.6	54.4	130	266.0			532.2	990	1.796.0	1.015.6	1.860	3.380.0
-162.22	-260	-436.0		-7.78	18	64.4	60.0	140	284.0			537.8	1.000	1.814.0	1.021.1	1.870	3.398.0
-156.67	-250	-418.0		-7.22	19	66.2	65.6	150	302.0			543.3	1.010	1.832.0	1.026.7	1.880	3.3416.0
-151.11	-240	-400.0		-6.67	20	68.0	71.1	160	320.0			548.9	1.020	1.832.0	1.032.2	1.890	3.434.0
-145.56	-230	-382.0		-6.11	21	69.8	76.7	170	338.0			554.4	1.030	1.850.0	1.037.8	1.900	3.452.0
-140.00	-220	-364.0		-5.56	22	71.6	82.2	180	356.0			560.0	1.040	1.850.0	1.043.3	1.910	3.470.0
-134.44	-210	-346.0		-5.00	23	73.4	87.8	190	374.0			585.6	1.050	1.868.0	1.048.9	1.920	3.488.0
-128.89	-200	-328.0		-4.44	24	75.2	93.3	200	392.0			571.1	1.060	1.886.0	1.054.4	1.930	3.506.0
-123.33	-190	-310.0		-3.89	25	77.0	98.9	210	410.0			576.7	1.070	1.904.0	1.060.0	1.940	3.524.0
-117.78	-180	-292.0		-3.33	26	78.8	104.4	220	428.0			582.2	1.080	1.922.0	1.065.6	1.950	3.542.0
-112.22	-170	-274.0		-2.78	27	80.6	110.0	230	446.0			587.8	1.090	1.940.0	1.071.1	1.960	3.560.0
-106.67	-160	-256.0		-2.22	28	82.4	115.6	240	464.0			593.3	1.100	1.958.0	1.076.7	1.970	3.578.0
-101.11	-150	-238.0		-1.67	29	84.2	121.1	250	482.0			598.9	1.110	1.976.0	1.082.2	1.980	3.596.0
-95.56	-140	-220.0		-1.11	30	86.0	126.7	260	500.0			604.4	1.120	1.994.0	1.087.8	1.990	3.614.0
-90.00	-130	-202.0		-0.56	31	87.8	132.2	270	518.0			610.0	1.130	2.012.0	1.093.3	2.000	3.632.0
-84.44	-120	-184.0		-0	32	89.6	137.8	280	536.0			615.6	1.140	2.030.0	1.098.9	2.010	3.650.0
-78.89	-110	-166.0		0.56	33	91.4	143.3	290	554.0			621.1	1.150	2.048.0	1.104.4	2.020	3.668.0
-73.33	-100	-148.0		1.11	34	93.2	148.9	300	572.0			626.7	1.160	2.066.0	1.110.0	2.030	3.686.0
-70.56	-95	-139.0		1.67	35	95.0	154.4	310	590.0			632.2	1.170	2.084.0	1.115.6	2.040	3.704.0
-67.78	-90	-130.0		2.22	36	96.8	160.0	320	608.0			637.8	1.180	2.102.0	1.121.1	2.050	3.722.0
-65.00	-85	-121.0		2.78	37	98.6	165.6	330	626.0			643.3	1.190	2.120.0	1.126.7	2.060	3.740.0
-62.22	-80	-112.0		3.33	38	100.4	171.1	340	644.0			648.9	1.200	2.138.0	1.132.2	2.070	3.758.0
-59.45	-75	-103.0		3.89	39	102.2	176.7	350	662.0			654.4	1.210	2.156.0	1.137.8	2.080	3.776.0
-56.67	-70	-94.0		4.44	40	104.0	182.2	360	680.0			660.0	1.220	2.174.0	1.143.3	2.090	3.794.0
-53.89	-65	-85.0		5.00	41	105.8	187.8	370	698.0			665.6	1.230	2.192.0	1.148.9	2.100	3.812.0
-51.11	-60	-76.0		5.56	42	107.6	193.3	380	716.0			671.1	1.240	2.228.0	1.154.4	2.110	3.830.0
-48.34	-55	-67.0		6.11	43	109.4	198.9	390	734.0			676.7	1.250	2.246.0	1.160.0	2.120	3.848.0
-45.56	-50	-58.0		6.67	44	111.2	204.4	400	752.0			682.2	1.260	2.282.0	1.165.6	2.130	3.866.0
-42.78	-45	-49.0		7.22	45	113.0	210.0	410	770.0			687.8	1.270	2.300.0	1.171.1	2.140	3.884.0
-40.00	-40	-40.0		7.78	46	114.8	215.6	420	788.0			693.3	1.280	2.318.0	1.176.7	2.150	3.902.0
-39.45	-39	-38.2		8.33	47	116.6	221.1	430	806.0			698.9	1.290	2.336.0	1.182.2	2.160	3.920.0
-38.89	-38	-36.4		8.89	48	118.4	226.7	440	824.0			704.4	1.300	2.354.0	1.187.8	2.170	3.938.0
-38.34	-37	-34.6		9.44	49	120.2	232.2	450	842.0			710.0	1.310	2.390.0	1.193.3	2.180	3.956.0
-37.78	-36	-32.8		10.0	50	122.0	237.8	460	860.0			715.6	1.320	2.408.0	1.198.9	2.190	3.974.0
-37.23	-35	-31.0		10.6	51	123.8	243.3	470	878.0			721.1	1.330	2.426.0	1.204.4	2.200	3.992.0
-36.67	-34	-29.2		11.1	52	125.6	248.9	480	896.0			726.7	1.340	2.444.0	1.210.0	2.210	4.010.0
-36.12	-23	-27.4		11.7	53	127.4	254.4	490	914.0			732.2	1.350	2.262.0	1.215.6	2.220	4.028.0
-35.56	-32	-25.6		12.2	54	129.2	260.0	500	932.0			737.8	1.360	2.480.0	1.221.1	2.230	4.046.0
-35.00	-31	-23.8		12.8	55	131.0	265.6	510	950.0			743.3	1.370	2.498.0	1.226.7	2.240	4.064.0
-34.44	-30	-22.0		13.3	56	132.8	271.1	520	968.0			748.9	1.380	2.498.0	1.232.2	2.250	4.082.0
-33.89	-29	-20.2		13.9	57	134.6	276.7	530	986.0			754.4	1.390	2.516.0	1.237.8	2.260	4.100.0
-33.33	-28	-18.4		14.4	58	136.4	282.8	540	1.004.0			760.0	1.400	2.534.0	1.243.3	2.270	4.118.0
-32.78	-27	-16.6		15.0	59	138.2	287.8	550	1.022.0			765.6	1.410	2.552.0	1.248.9	2.280	4.136.0
-32.22	-26	-14.8		15.6	60	140.0	293										

Таблица IX-2 Таблицы Теплового Расширения

Соответствует тепловому расширению при 21°C (70°F) мм/100

°C	°F	МАТЕРИАЛ											
		Угл.сталь Углерод Молибд. Низк. Хроматир.	5 CrMo с 9 CrMo 18	Нерж. Сталь Cr 8 Ni	12 Cr 17 Cr 27 Cr	25 Cr 20 Ni	Монель 67 Ni 30 Cr	3 1/2 НИКЕЛЬ	Алюми- ний	Чугун	Бронза	Латунь	70 Cu 30 Ni
-184	-300	-187	-175	-303	-160	-236	-208	-175	-372		-312	-303	-239
-170	-275	-176	-165	-284	-150	-222	-198	-165	-351		-292	-283	-225
-156	-250	-165	-155	-266	-140	-208	-188	-155	-331		-272	-263	-211
-143	-225	-154	-146	-247	-131	-193	-178	-145	-309		-252	-244	-197
-129	-200	-143	-135	-228	-122	-179	-168	-135	-287		-232	-225	-183
-115	-175	-132	-125	-208	-113	-165	-158	-125	-263		-212	-206	-177
-101	-150	-121	-114	-189	-103	-151	-149	-115	-240		-193	-187	-163
-87	-125	-108	-103	-168	-93	-133	-133	-103	-214		-172	-167	-145
-80	-100	-96	-90	-146	-82	-116	-115	-90	-189		-151	-147	-128
-59	-75	-83	-78	-125	-71	-98	-98	-78	-164		-130	-127	-111
-46	-50	-70	-66	-103	-60	-82	-82	-65	-139		-110	-108	-94
-32	-25	-57	-53	-82	-48	-65	-64	-52	-110		-104	-85	-74
-18	0	-41	-38	-60	-35	-48	-48	-38	-81		-64	-63	-55
-4	25	-27	-25	-38	-23	-31	-31	-25	-53		-41	-40	-35
0	32	-23	-21	-32	-19	-26	-27	-21	-45		-35	-34	-30
10	50	-12	-11	-18	-10	-13	-17	-12	-23		18	-18	-16
21	70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	100	19	18	28	17	23	23	18	38	18	30	29	26
51	125	35	33	52	30	43	43	33	71	32	46	53	47
66	150	51	48	75	44	62	63	48	103	46	80	78	68
79	175	68	63	98	58	82	83	63	135	61	105	103	89
93	200	83	78	122	72	101	102	78	167	75	130	127	111
107	225	101	94	146	86	121	122	94	201	90	155	153	133
121	250	117	111	169	101	142	143	110	236	106	181	178	155
135	275	134	127	193	115	162	163	126	270	121	207	204	178
149	300	152	143	218	130	182	184	141	306	137	233	230	200
163	325	170	158	242	145	203	203	157	341	153	259	257	223
177	350	188	175	267	161	224	223	173	377	169	285	284	247
190	375	207	192	292	176	245	243	189	413	185	312	311	270
204	400	225	208	317	192	267	271	206	449	202	338	322	293
218	425	244	227	342	208	288	293	224	486	218	364	365	
232	450	263	244	368	224	310	316	243	523	236	391	393	
246	475	283	262	393	241	332	338	262	560	253	418	422	
260	500	302	279	418	257	353	361	278	598	270	444	450	
274	525	322	298	443	273	376	384	298	636	288	471	479	
289	550	343	317	468	291	399	408	317	675	306	498	508	
301	575	363	335	494	308	422	432	336	713	324	526	538	
316	600	383	353	520	325	444	455	356	753	3430	553	567	
239	625	405	373	546	342	467	479	376		362	580	597	
343	650	426	391	573	359	490	504	396		381	608	628	
357	675	448	410	598	377	513	528	416		400	635	658	
371	700	469	428	625	394	537	553	437		419	663	688	
385	725	492	448	652	412	561	578	458		438	690	720	
399	750	513	468	679	431	585	604	480		458	718	752	
413	775	536	488	706	448	609	629	502		478	747	783	
427	800	558	508	733	467	633	654	528		498	775	815	
440	825	581	528	761	485	658	680	545		518	803	848	
454	850	604	549	788	504	683	707	568		539	833	881	
468	875	628	569	816	523	707	733	590		560	861	913	
482	900	651	589	843	541	732	760	613		581	890	946	
494	925	673	609	872	559	756	787	643		603	918	979	
510	950	696	630	900	578	781	814	674		625	948	1013	
524	975	718	651	928	598	805	841	705		647	976	1048	
538	1000	741	672	957	617	829	868	736		668	1004	1082	
552	1025	764	692	985	635	853	896	748			1033	1116	
566	1050	788	713	1013	663	878	924	762			1063	1151	
579	1075	813	733	1042	682	903	966	774			1093	1186	
593	1100	837	754	1070	693	927	981	788			1123	1221	
607	1125	859	773	1098	711	951	1009	815					
621	1150	881	793	1127	730	976	1039	843					
635	1175	903	813	1155	748	1001	1068	870					
649	1200	925	833	1183	767	1026	1096	898					
663	1225	948	855	1212	785	1049	1125						
677	1250	972	878	1240	804	1073	1155						
690	1275	995	899	1268	807	1098	1185						
704	1300	1018	922	1297	843	1122	1215						
718	1325	1042	942	1325	861	1146	1245						
732	1350	1065	963	1353	880	1171	1275						
745	1375	1088	983	1381	898	1196	1305						
760	1400	1112	1104	1410	918	1221	1335						
774	1425			1442									
788	1450			1474									
801	1475			1507									
816	1500			1539									

Таблица IX-3 Таблицы Теплотехнических Величин

Материал	Плотность (g) кг/дм³	Удельная Теплоемкость (ср) кдж/(кг.К)	Точка Плавления °C	Теплота Плавления кдж/кг	Точка Кипения °C	Теплота Кипения кдж/кг
ТВЕРДЫЕ МАТЕРИАЛЫ						
Золото	19.32	0.130	1063	67.0	2700	1758
Алюминий	2.70	0.921	660	355.0	2270	11723
Сюрма	6.69	0.209	630.5	167.5	1635	1256
Медь	8.96	0.385	1083	209.3	2330	4647
Висмут	9.80	0.126	271	54.4	1560	837
Ртуть	13.55	0.138	-38.9	11.7	357	301
Цинк	7.14	0.385	419.4	112.2	907	1800
Феррит (чистый)	7.87	0.465	1530	272.1	2500	6364
Серебро	10.45	0.234	960.8	104.7	1950	2177
Ирридий	22.42	0.134	2600	117.2	-	3894
Нитрид титановый	7.28	0.226	231.9	58.6	2300	2596
Хром	7.19	0.506	1890	293.1	2642	6155
Тетраэтилсвинец	11.34	0.130	327.3	23.9	1730	921
Сера	2.07	0.720	112.8	39.4	444.6	293
Магний	1.74	1.034	650	209.3	1100	5652
Марганцевый	7.3	0.507	1250	251.2	2100	4187
Молибден	10.2	0.271	2625	-	3560	7118
Никель	8.90	0.444	1455	293.1	3000	6197
Платина	21.45	0.134	1773	113.0	3804	2512
Титан	4.54	0.471	1800	-	3000	-
Вольфрам	19.3	0.134	3380	251.2	6000	4815
ЖИДКИЕ МАТЕРИАЛЫ						
Ацетон	0.79	2.160	-94.3	96.3	56.1	523.4
Бензол	0.88	1.738	5.5	127.3	80.1	395.7
Морская вода	1.03		-2.0		100.5	
Этиловый спирт	0.79	2.470	-114.5	104.7	78.3	841.6
Этилэфир	0.71	2.328	-116.3	100.5	34.5	360.1
Глицерин	1.26	2.428	18.0	200.5	290.0	854.1
Метиловый спирт	0.79	2.470	-98.0	100.5	64.5	1101.1
Н-Гексан	0.66	1.884	-95.3	146.4	68.7	330.8
Н-Гептан	0.68	2.219	-90.6	141.5	98.4	318.2
Вода	1.00	4.183	0.0	332.4	100.0	2257.1
Скпидарное масло	0.87	1.800	-10.0	116.0	160.0	293.1
Раствор пищевой соли	1.19	3.266	-18.0		108.0	
ГАЗЫ						
Аммиак	0.771	2.060	-77.7	332.0	-33.4	1371
Аргон	1.784	0.523	-189.4	29.3	-185.9	163
Азот	1.250	1.043	-210.0	25.5	-195.8	198
Этилен	1.261	1.465	-169.5	104.3	-103.9	523
Воздух	1.293	1.001	-	-	-194.0	197
Гелий	0.178	5.234	-	37.7	-268.9	21
Водород	0.90	14.235	-259.2	58.2	-252.8	454
Углекислый газ	1.977	0.825	-56.6	180.9	-78.5	576
Окись углерода	1.250	1.051	-205.1	30.1	-191.5	216
Двуокись серы	2.926	0.632	-75.5	115.9	-10.2	390
Метан	0.717	2.177	-182.5	58.6	-161.5	548
Кислород	1.429	0.913	-218.8	13.8	-183.0	214

Таблица IX-4 Таблица Перевода Коэффициентов

1. Столбец	X	=	2. Столбец	1. Столбец	X	=	2. Столбец
Атмосфера (атм)	33.90		Фут водного столба		10^{-4}		м ²
	29.32		в ртути	см ³	6.29	10^{-6}	Баррель (42)
	1.033		кг/см ²		3.51×10^{-5}		фут ³
	14.70		psi		6.102×10^{-2}		дюйм ³
	760		мм ртутного столба		10^{-6}		м ³
	1.058		т /фут ²		1.308×10^{-6}		ярд ³
Бар	14.50		psi		10^{-4}		галлон
БТУ (Британская тепловая единица)	777.5		фут/фунт	см ³ /час	0.000151		баррель(42)/день
	3.927	10^{-4}	Л.с.-час	см ³ /гр	0.01602		фут ³ /фунт
	1054.6		Дж	см ³ /гр-моль	0.01602		фут ³ /фунт-моль
	0.252		кг/кал	Ср (сантипуаз)	2.42		фунт/фут/час
	2.928	10^{-4}	кВт час		0.000672		фунт/фут/кДж
БТУ/фут ³	8.90		кг-кал/м ³		3.60		кг/час/м
БТУ/час	0.252		кг/кал/час	цикл	6.283		рад
БТУ/час/фут ²	2.712		кг/кал/час/м ²	фут	30.48		см
БТУ/час/фут2/о F/фут	4.882		кг/кал/час/м ² /о C		0.3048		м
	1.356	10^{-4}	г/кал/кДж/см ² /о C	Фут водяного столба	0.0295		атм
	5.68	10^{-4}	Вт/см ² / о C		2.241		см ртутного столба
	2.035	10^{-3}	Вт/дюйм ² / о F		304.8		кг/м ²
	3.939	10^{-4}	л.с./ фут ² /F		62.43		фунт/фут ²
	12.4		кг-кал/час/м ² /о C/см		0.4335		psi
	3.445	10^{-4}	гр-кал/кДж/см ² /о C/см	фут/о F	54.864		см/о C
	12		БТУ/час/фут ² /о F/дюйм	фут/град K	0.5080		см/кДж
	4.13	10^{-3}	гр-кал/кДж/см ² / о C/см		0.01667		фут/кДж
	173.0		кerg/кДж/см ² / о C/см		0.01829		км/час
	0.0173		Вт/см ² / о C/см		0.3048		м/град K
	1.488		кг-кал/час/м ² /оC/м		0.01136		миль/час
БТУ/град K	12.96		фут-фунт/кДж	фут/кДж	30.48		см/кДж
	0.02356		Л.С.		1.097		км/час
	0.01757		кВт		18.29		м/град K
БТУ/град K	0.556		гр-кал/гр		0.6818		миль/час
	1.0		гр/кал/гр /о C	фут-фунт	1.286	10^{-3}	БТУ
БТУ/фунт/оF	0.556		гр-кал/гр-моль		5.050	10^{-7}	Л.С.-час
БТУ/фунт моль	0.2712		гр-кал/см ²		1.356		Дж
БТУ/фут ²	2.712		кг-кал/см ²		3.241×10^{-4}		кг-кал
БТУ/фут ² /дюйм	0.6892		гр-кал/см ² /см		0.1383		кг-м
БТУ/час	2.93	10^{-4}	кВт/час		3.766×10^{-7}		кВт час
БТУ/фут ² /дюйм	6.892		кг-кал/м ² /см	фут-фунт/ град K	3.030	10^{-5}	Л.С.
см	0.0328		фут		2.260×10^{-5}		кВт
	0.3937		дюйм	фут-фунт/кДж	7.717	10^{-2}	БТУ/град K
мм ртутного столба	0.01316		атм		1.818	10^{-3}	л.с.
	0.4461		фут водяного столба		1.945	10^{-2}	кг/кал/град K
	5.36		дюйм водяного столба		1.356	10^{-3}	кВт
	136.0		кг/м ²	фут ²	2.296	10^{-5}	ар
	27.85		фунт/фут ²		929		см ²
	0.1934		psi		144		дюйм ²
см/оC	0.2188		дюйм/о F		0.0929		м ²
см/кДж	1.969		фут/град K	фут ³	0.1781		баррель(42)
	0.03281		фут/кДж		1728		дюйм ³
	0.36		км/час		0.02832		м ³
	0.60		м/кДж		0.03704		ярд ³
	0.02237		миль/час		7.481		галлон
см ²	1.076	10^{-3}	фут ²		28.32		литр
	0.1550		дюйм ²	фут ³ /град K	472.0		см ³ /кДж

1. Столбец	X	=	2. Столбец	1. Столбец	X	=	2. Столбец
	0.1247		галлон/сек		1.980	10^{-6}	фут-lb
	62.43		lb вода/мин		2.684	10^{-6}	Дж
фут ³ /lb	62.43		см ³ /гр		641.7		кг-кал
фут ³ /сек	60		фут ³ /мин		2.737	10^{-5}	кг-м
	26915		галлон/час		0.7457		КВч
	15380		баррель(42)/день	неделя	168		час
фут ³ /сек/фут ³	0.0305		лт/сек/см ²		10080		мин
галлон(impr.)	1.20096		US галлон		604800		сек
галлон(US)	0.238		баррель(42)	дюйм (дм)	2.54		см
	0.020		баррель(50)	в ртути	0.03342		атм
	3785		см ³		1.133		фут вода
	0.1337		фут ³		345.3		Столбец
	231		дюйм ³		70.73		кг/м ²
	3.785	10^{-3}	м ³		0.4912		lb/фут ²
	4.951	10^{-3}	ярд ³	дюйм воденного столба	2.458	10^{-3}	psi
	3.785		лт		0.07355		атм
галлон/час	0.5715		баррель(42)/день		25.40		дюйм в ртути
	0.480		баррель(50)/день	дюйм воденного столба	0.5781		кг/м ²
	3.710	10^{-5}	фут ³ /сек		5.202		oz/дюйм
галлон/мин	34.3		баррель(42)/день		0.03613		фунт/фут ²
	28.8		баррель(50)/день	дюйм/° F	4.572		psi
	2.228	10^{-3}	фут ³ /сек	дюйм ²	6.452		см/° C
	0.227		м ³ /ч		6.944	10^{-3}	см ²
	0.06308		лт/сек		645.2		фут ²
грамм (гр)	0.03527		oz	дюйм ³	16.39		мм ³
	2.205	10^{-3}	lb		5.787	10^{-4}	см ³
гр-кал	3.968	10^{-3}	БТУ		1.639	10^{-5}	фут ³
	4.186		Дж		2.143	10^{-5}	м ³
гр/кал/гр	1.8		БТУ/lb		4.329	10^{-3}	ярд ³
гр-кал/гр/°C	1		БТУ/lb/° F	Джоуль (Дж)	9.486	10^{-4}	галлон
гр-кал/см ²	3.687		БТУ/фут ²		0.7376		БТУ
гр-кал/см ² /см	1.451		БТУ/фут ² /дюйм		2.390	10^{-4}	фут-фунт
гр-кал/сек/см ² /° C/см	2.903	10^{-3}	БТУ/фут ² /° F/дюйм		0.1020		кг-кал
	360		кг-кал/ч/м ² /° C/м		2.778	10^{-4}	км-м
гр-кал/гр-моль	1.8		БТУ/lb-моль	Дж/гр	0.4305		в-ч
гр-см	9.302	10^{-8}	БТУ	Дж/гр/° C	0.2389		БТУ/lb
	7.233	10^{-5}	lb-фут		0.2389		БТУ/lb/° F
	2.344	10^{-8}	кг-кал	кг	2.205		г-кал/гр/ ° C
гр/см	5.600	10^{-3}	lb/дюйм		1.102	10^{-3}	lb
гр/см ³	62.43		lb/фут ³	кг-кал	3.968		
	0.03613		lb/дюйм ³		3086		БТУ
гр/см ²	9.678	10^{-4}	атм		1.558	10^{-3}	фут-lb
	0.07355		см ртутного столба		4186		Л.С-ч
	3.281	10^{-2}	фут воденного столба		426.6		Дж
	0.394		дюйм воденного столба		1.162	10^{-3}	кг-м
	10		кг/м ²	кг-кал/г/м ²	0.3685		КВч
	2.048		lb/фут ²	кг-кал/ч/м ² /°C	0.2048		БТУ/ч/фут ²
	1.422	10^{-2}	psi	кг-кал/мин	51.43		БТУ/ч/фут ² /° F
Л.С	42.44		БТУ/мин		0.09351		фут-lb/сек
	33000		фут-фунт/мин		0.06927		Л.С
	550		фут/фунт/сек	кг-м	9.302	10^{-3}	КВатт
	10.70		кг-кал/мин		7.233		БТУ
	0.7457		КВатт		2.344	10^{-3}	фунт-фут
	1.014		метрическая Л.С		2.734	10^{-6}	кг-кал
Л.С (котел)	33479		БТУ/ч	кг/м ³	10 ³		КВч
	9.804		КВатт		0.06243		гр/см ³
Л.С (метрический)	736		Ватт	кг/м	0.6720		фунт/фут ³
Л.С-ч	2547		БТУ	кг/см ²	0.9678		lb/фут
							атм

1. Столбец	X	=	2. Столбец	1. Столбец	X	=	2. Столбец
	0.9807		бар		15.851		галлон/час
кг/м ²	7.355	X10 ⁻³	см в ртути		4.403	X10 ⁻³	галлон/кДж
	3.281	X10 ⁻³	фут воденого столба	lb/кДж/см ²	32.8		фут ³ /кДж/фут ²
	2.986	X10 ⁻³	в ртути	метр (м)	3.281		фут
	0.2048		фунт/фут ²		39.37		дюйм
кг/см ²	14.22		psi		1.094		ярды
км	3281		фут	м/о C	1.824		фут/о F
	0.6214		миль	м/град K	1.667		см/кДж
	1094		ярд		0.05468		фут/кДж
км/час	27.78		см/сек		0.06		км/час
	54.68		фут/град K		0.03728		миль/час
	0.9113		фут/кДж	м/кДж	196.8		фут/град K
	16.67		м/град K		3.6		км/час
	0.6214		миль/час		2.237		миль/час
км ²	247.1		ар	м ²	10.76		фут ²
	10.76	X10 ⁻⁶	фут ²		1.196		ярд ²
	0.3861		миль ²	м ³	6.29		Баррель (42)
кВт	56.92		БТУ/град K		35.31		фут ³
	4.425	X10 ⁻⁴	фут-фунт/град K		61023		дюйм ³
	737.6		фут-фунт/кДж		1.308		ярд ³
	1.341		л.с.час		264.2		галлон
	14.34		Дж	миль	5280		фут
кВт час	3415		кг-кал		1.609		км
	2.655	X10 ⁻⁶	гр		1760		ярды
	1.341		паундаль	миль/час	44.70		см/кДж
	3.6	X10 ⁻⁶	фут ³		88		фут/град K
	860.5		дюйм ³		1.467		фут/кДж
фунт	453.6		галлон		1.609		км/час
	32.17		фут ³ /кДж		26.82		м/град K
фунт воды	0.01602		фут ³ /град K	oz	28.35		гр
	27.68		галлон/час		0.0625		фунт
	0.1198		гр/см	oz(жидкость)	1.805		дюйм ³
фунт воды/град K	2.669	X10 ⁻⁴	кг/м		0.02957		фунт
фунт воды/час	2.669	X10 ⁻⁴	фунт/дюйм ³	oz/дюйм ²	1.732		Дюйм водяного стоба
	0.1198		фут ³	Пуаз (п)	1		гр/см/dn
Фунт/фут ³	0.01602		дюйм ³		100		ср
	16.02		галлон/час	паундаль	14.10		гр
	5.787	X10 ⁻⁴	Кг/м	psi	0.06804		атм
Фунт/дюйм ³	27.68		Фунт/дюйм ³		2.307		Фут водяного столба
Фунт/фут	1.488		гр/см ³		2.036		в ртути
Фунт/фут/час	4.13		кг/см		0.06897		бар
	0.413	X10 ⁻³	гр/см/кДж		51.7		мм рт ст
фунт/галлон	0.1198		ср		0.0703		кг/см ²
фунт/дюйм	178.6		гр/см ³		144		lb/фут ²
фунт/фут ²	0.01602		гр/см	радиан(рад)	57.3		градус(o)
	4.882		Фут водяного столба		3438		град K(')
	6.944	X10 ⁻³	кг/м ²	рад/кДж	0.1592		цикл/кДж
литр(л)	6.29	X10 ⁻³	psi		9.549		цикл/град K
	103		баррель(42)		200		БТУ/град K
	0.0351		фут ³		12000		БТУ/час
	61.02		дюйм ³		288000		БТУ/тон
	1.308	X10 ⁻³	ярд ³	о C+273.15	1		K(Кельвин)
	0.2642		галлон(US)	о C+17.8	1.8		о F
	1.057		кварт/жидкость	о F+460	1		R(Ренкин)
фунт/г-моль	16.02		фут ³ /фунт моль	о F-32	5/9		о C
фунт/кг	0.01602		фут ³ /фунт		1016		кг
фунт/град K	9.06		баррель(42)/день		2240		фунт
	60000		см ³ /час		1000		кг
	5.885	X10 ⁻⁴	фут ³ /кДж		2205		фунт

1. Столбец	X	=	2. Столбец	1. Столбец	X	=	2. Столбец
	907.2		кг		1.341	X ¹⁰⁻³	л.с.
	2000		фунт		0.01434		кг-кал/град K
	9765		кг/м ²		10 ⁻³		кВт
	13.89		psi		3.415		БТУ
	1.406	X ¹⁰⁻⁶	кг/м ²		2655		фут-фунт
	2000		psi		1.341	X ¹⁰⁻³	л.с.-час
	3968		БТУ		0.8605		кг-кал
	112.4		БТУ/фут ³		367.1		кгм
баррель (42)	0.84		баррель(50)		91.44		см
	5.614		фут ³		2.066	X ¹⁰⁻⁴	ар
	0.159		м ³		9		фут ²
	42		галлон		0.8361		м ²
баррель (42)/день	0.234		фут ³ /час		3.228	X ¹⁰⁻⁷	м ²
	6.502	X ¹⁰⁻⁵	фут ³ /кДж		4.810		баррель(42)
	1.75		галлон/час		27		фут ³
	0.0292		галлон/град K		46656		дюйм ³
Вт (w)	0.05692		БТУ/град K		0.7646		м ³
	44.26		фут-фунт/град K		202		галлон
	0.7376		фут-фунт/кДж		764.6		фунт

Оценка	Степень Устойчивости к Коррозии	Допустимость
1	Стойкий	Допустимо
2	Риск Коррозии	Ограниченного Применения
3	Не Стойкий	Не Допустимо

Химический Состав	Температура оС	304, 321	304L, 316L	Углеродистая сталь	Латунь	Бронза	Монель	Химический состав	Температура оС	304, 321	304L, 316L	Углеродистая сталь	Латунь	Бронза	Монель
Этиловый спирт	Кипение and 20 °C	1	1	1	1	1	1	Концентрат нефти	при 20 °C	1	1	1	3	3	2
Метиловый спирт	20 °C - 65 °C	1	1	1	1	1	1	Аминобензол	при 20 °C	3	3		3	3	3
Алюминий, расплав	Кипение	3	2	3	1	1	1	Трихлорид сурьмы	при 20 °C	3	3	3	3	3	3
Ацетат алюминия, Сульфат насыщенного алюминия 5%	760 °C	3	3	3	3	3	3	Уксусная кислота 50%	при 20 °C	1	1	3	3	3	3
10%	20 °C - Кипение	1	1	3	3	3	1	50-80%	Кипение	3	2	3	3	3	3
25%	при 20 °C	3	3	3	3	3	2	80%	при 20 °C	1	1	3	3	3	1
Фторид алюминия	при 20 °C	1	1	3	3	3	2	100%	при 20 °C	1	1	3	3	3	1
Гидроксид алюминия	при 20 °C	3	3	3	3	3	2	100%	Кипение	3	2	3	3	3	2
Сульфат алюминия 5%	при 20 °C	1	1	1	1	1	1	10 при 100%	200 °C	3	3	3	3	3	2
10%	65 °C	1	1	3	3	3	1	Уксусный ангидрид	при 20 °C	1	1	3	3	3	2
10%	при 20 °C	1	1	3	3	3	1	Кипение	при 20 °C	1	1	3	3	3	2
10%	Кипение	2	1	3	3	3	1	Пар уксусной кислоты							
Насыщенный	при 20 °C	1	1	3	3	3	1	30o	Гор.	3	2	3	3	3	3
Насыщенный	Кипение	2	1	3	3	3	1	100o	Гор.	3	3	3	3	3	2
Алюмо-сульфат калия	Кипение	2	1	3	3	3	1	Ацетон	Кипение	1	1	3	1	1	1
2-10%	при 20 °C	1	1	3	2	2	2	Ацетил хлорид	Хол.	2	2	3	2	2	1
10%	Кипение	2	1	3	3	3	2	Кипение	Кипение	2	2	3	2	2	3
Насыщенный	Кипение	3	2	3	3	3	2	Концентрированный ацетилен	при 20 °C	1	1	1	3	3	1
Аммиак	Кипение							Коммерческая чистота	при 20 °C	1	1	1	3	3	1
Все концентрации	при 20 °C	1	1	1	1	1	1	Кислотно-солевая смесь							
Газ	Гор.	3	3	3	3	3		10% H ₂ SO ₄ и							
Нашатырный спирт	при 20 °C	1	1	3	3	3	3	10% CuSO ₄ 5H ₂ O	Кипение	1	1	3	3	3	3
Гидрокарбонат аммония	Кипение	1	1	3	3	3	3	10% H ₂ SO ₄ и							
	при 20 °C	1	1	3	3	3	2	2% FeSO ₄ · 7H ₂ O	Кипение	1	1	3	3	3	3
	Гор.	1	1	3	3	3	2	Ацетат меди (Насыщенный раств.)							
Бромистый аммоний	при 20 °C	2	1	3	3	3	2	Карбонат меди (Насыщенный раств.)							
Карбонат аммония 1-5%	при 20 °C	1	1	1	3	3	3	50% NH ₄ растворен в OH		1	1		3	3	
Бромистый аммоний 1%	при 20 °C	1	1	2	3	3	1	Хлорид меди 1%	при 20 °C	2	1	3	3	3	3
10%	Кипение	1	1		3	3	2	1%	70 °C	3	3	3	3	3	3
28%	Кипение	2	1		3	3	2	Смешан с воздухом при 1%	при 20 °C	2	1	3	3	3	3
50%	Кипение	2	1		3	3	2	5%	при 20 °C	3	2	3	3	3	3
Гидроокись аммония								с 5% воздуха	при 20 °C	3	3	3	3	3	3
Все концентрации	при 20 °C	1	1	2	3	3	3	Цианид меди	Кипение	1	1		3	3	2
Монофосфат аммония	при 20 °C	1	1	2	3	3	2	Нитрат меди							
Нитрат аммония								1% смесь с воздухом	при 20 °C	1	1	3	3	3	3
Все концентрации	при 20 °C	1	1	3	3	2		5% смесь с воздухом	при 20 °C	1	1	3	3	3	3
Все концентрации								50% водный раствор	Гор.	1	3	3	2	2	3
Оксалат Аммония 5%	при 20 °C	1	1	2	3	3		Сульфат меди							
Перхлорат аммония 10%	Кипение	1	1	2	3	3		5% смесь	при 20 °C	1	1	3	2	2	3
Персульфат аммония 5%		1	1	2	3	3		Насыщенный Раствор	Кипение	1	1	3	2	2	3
Фосфат аммония	при 20 °C	1	1		3	3	3	Карбонат бария	при 20 °C	1	1	2	1	1	2
Сульфат аммония 5%	при 20 °C	1	1	2	3	3	3	5% хлорид бария-Насыщенный	при 20 °C	1	1	3	2	2	2
10% - Насыщенный	Кипение	2	1	3	3	3	2	Раствор гидроксида бария	Гор.	1	1	2	1	1	2
Сульфид аммония	20 °C - Кипение	1	1	3	3	3	3	Раствор нитрата бария	Гор.	1	1	2			
Амиллацетат концентр.	при 20 °C	1	1	2	1	1	1	Сульфат бария	при 20 °C	1	1		1	1	2
Амилхлорид	при 20 °C	1	1	3	2	2	2	Сульфид бария, Насыщенный	при 20 °C	1	1	3	3	3	
Анилин 3%	при 20 °C	1	1	2	3	3	2								

Химический Состав	Температура оС	304, 321	304L, 316L	Углеродистая сталь	Латунь	Бронза	Монель	Химический состав	Температура оС	304, 321	304L, 316L	Углеродистая сталь	Латунь	Бронза	Монель
Бензин (бензол) Гор.	при 20 °C	1	1	2	1	1	2	Нефтяное топливо	Гор.	1	1	2	1	1	2
Бензойная кислота	при 20 °C	1	1	1	1	1		Серная кислота		3	2		3	3	2
Бензин	при 20 °C	1	1	2	1	1	1	Галлиевая кислота	20 °C - 100 °C	1	1	3			2
Боакс 5%	Гор.	1	1	2	1	1	2	Глицерин		1	1	2	1	1	1
Боракс. кислота 5%	Гор. или хол.	1	1					Бромид серебра		2	1	3	3	3	
Борная кислота								Бромид серебра		3	3	3	3	3	3
5% раствор гор.	при 20 °C	1	1	3	1	1	2	Нитрид серебра		1	1	3	3	3	3
5% раствор	Кипение	1	1	3	2	1	2	Соляная кислота	20 °C	3	3	3	3	3	3
Насыщенный Раствор	при 20 °C	1	1	3	3	2	2	Фтороводородная кислота	20 °C	3	3	3	3	3	1
Насыщенный Раствор	Кипение	1	1	3	3	3	2	Гидрофторкремниевая кислота	20 °C	3	3	3	2	2	2
Бром	при 20 °C	3	3	3	3	3	3	Перекись водорода	20 °C	2	1	3	3	3	2
Пар		1	1	3	2	1	1	Сульфид водорода	20 °C	2	1	2	1	1	3
Бутилацетат		1	1	2			2	Гипо		1	1				
Масляная кислота 5%	20 °C-65 °C	1	1	3	2	2	2	Йод	20 °C	3	3	3	3	3	3
Раствор	Кипение	1	1	3	3	3	2	Йодоформ	20 °C	1	1	3			2
Цинк	Расплав	3	3	3	3	3	3	Желатин		1	1	3	1	1	1
Хлорид цинка	при 20 °C	1	1	3	3	3	2	Кофе	Кипение	1	3	1	1	1	1
	Кипение	2	2	3	3	3	2	Нитрид титановый	Расплав	3	3	3	3	3	
Цианид цинка	при 20 °C	1	1	3				Раствор нитрид титанового хлорида	20 °C-Кипение	3	3	3	3	3	3
Нитрат цинка		1	1	3				Карбонат кальция	при 20 °C	1	1	1			1
Сульфат цинка	20 °C, Кипение	1	1	3	3	2	2	Хлорат кальция							
Гидроокись железа	при 20 °C	1	1	3				Разбавленный раствор	при 20 °C	1	1	2			2
Нитрат железа	при 20 °C	1	1	3	3	3	3	Хлорид кальция							
Сульфат железа	при 20 °C	1	1	3	3	3	3	Любой раствор	при 20 °C	2	1	3	2	2	3
Морская вода	при 20 °C	1	1	3	2	2	1	Хлоригипохлорид кальция							
Стоки		1	1		1	1	1	(Хлорная известь) 1%	при 20 °C	3	3	3	2	2	3
Дихлорэтан	Кипение	1	1	3	3	3	2	5%	при 20 °C	3	3	3	2	2	3
Динитрохлор-бензин	при 20 °C	1	1	3				Хлоригипохлорид кальция 2%	при 20 °C	2	1	3	2	2	3
Яблочный сок	при 20 °C	1	1	2	1	1	1	Сульфат кальция, Насыщенный	при 20 °C	1	1	3	1	1	2
Бульон	Хол.	1	1	3			2	Угольная кислота, Насыщенный раствор	при 20 °C	1	1	3	3	1	3
Эфир	при 20 °C	1	1	2	1	1	2	Карбоновая кислота	20 °C-Кипение	1	1	3	2	2	1
Этилацетат	при 20 °C	1	1	2	1	1	2	Газированная вода		1	1	3	2	2	3
Хлорид этила	при 20 °C	1	1	2	2	2	1	Бисульфит углерода	при 20 °C	1	1	2	1	2	2
Этиленхлорид	при 20 °C	1	1	2	2	2	1	Угарный газ	760 °C - 870 °C	1	1	1	3	3	1
Этиленгликоль	при 20 °C	1	1	2	1	1	1	Тетрахлорид углерода	при 20 °C	1	1	2	1	1	1
Хлорное железо								Сухое	Кипение	1	1	2	1	1	2
1% Раствор	при 20 °C	2	1	3	3	3	3	Коммерческий + 1% вода		3	3	3	2	2	2
1% Раствор	Кипение	3	3	3	3	3	3	Карналит (KCl-MgCl2 6H2O)	Кипение	3	1				
5% Раствор	20-ый	3	3	3	3	3	3	Гудрон		1	1	2	1	1	2
Хлорид железа	20-ый	3	1	3	2	2		Креозот	Гор.	1	1	2	1	1	2
Фтор (газ)	при 20 °C	3	3	3	3	3	3	Гудрон	Гор.	1	1	2	2	2	2
Формальдегид		1	1	2	1	1	1	Керосин	20 °C	1	1	2	1	1	2
Муравьиная кислота	20 °C - 65 °C	2	1	3	2	2	2	Кетчуп	20 °C - 65 °C	1	1	3			2
Фосфорная кислота 1%	при 20 °C	1	1	3	3	3	2	Бисульфат хинина		2	1	3			
1%	Кипение	1	1	3	3	3	2	Сульфат хинина		1	1	3	2	2	2
1% - 3 атм.	140 °C	1	1	3	3	3	2	Сироп колы (чистый)	20 °C	1	1	3			2
5%	при 20 °C	1	1	3	3	3	2	Хлористая кислота	20 °C	3	3	3	3	2	2
Фосфорная кислота 10%	при 20 °C	3	1	3	3	3	2	Хлорбензол раств. чистый сухой	20 °C	1	1	2	2	2	2
10-50%	Кипение	1	1	3	3	3	3	Хлорноватая кислота	20 °C	3	3	3	3	3	3
80%	при 20 °C	3	3	3	3	3	2	Хлор газ (сухой)	20 °C	3	2	2	1	1	2
80%	110 °C	3	3	3	3	3	3	(Влажность)	20 °C	3	3	3	3	3	3
85%	Кипение	3	3	3	3	3	3	Хлорированная вода, насыщенный		3	2	3			2
80%	110 o	3	3	3	3	3	3	Хлороформ	20 °C	1	1	1	1	1	1
85%	Канкар	3	3	3	3	3	3								

t °C	p бар	v' дм³/кг	v'' м³/кг	h'	h''		r кДж/кг	s'	s''
					кДж/кг	кДж/кг			
0	0.006108	1.0002	206.3	-0.04	2501.6	2501.6	-0.0002	9.1577	
2	0.007055	1.0001	179.9	8.39	2505.2	2469.8	0.0306	9.1047	7.3554
4	0.008129	1.0000	157.3	16.80	2508.9	2492.1	0.0611	9.0526	7.2962
6	0.009445	1.0000	137.8	25.21	2512.6	2487.4	0.0913	9.0015	7.2388
8	0.010720	1.0001	121.0	33.60	2516.2	2482.6	0.1213	8.9513	7.1832
10	0.012270	1.0003	106.4	41.99	2519.9	2477.9	0.1510	8.9020	7.1276
12	0.014014	1.0004	93.84	50.38	2523.6	2473.2	0.1805	8.8536	7.0769
14	0.015973	1.0007	82.90	58.75	2527.2	2468.5	0.2098	8.8060	7.0261
16	0.018168	1.0010	73.98	67.13	2530.9	2463.8	0.2388	8.7593	6.9766
18	0.02062	1.0013	65.09	75.50	2534.5	2459.0	0.2677	8.7135	6.9284
20	0.02337	1.0017	57.84	83.86	2538.2	2454.3	0.2963	8.6684	6.8815
22	0.02642	1.0022	51.49	92.23	2541.8	2449.6	0.3247	8.6241	6.8358
24	0.02982	1.0026	45.93	100.59	2545.5	2444.9	0.3530	8.5806	6.7911
26	0.03360	1.0032	41.03	108.95	2549.1	2440.2	0.3810	8.5379	6.7475
28	0.03778	1.0037	36.73	117.31	2552.7	2435.4	0.4088	8.4959	6.7048
30	0.04243	1.0043	32.93	125.66	2556.4	2430.7	0.4365	8.4546	6.6630
32	0.04753	1.0049	29.57	134.02	2560.0	2425.9	0.4640	8.4140	6.6221
34	0.05318	1.0056	26.60	142.38	2563.6	2421.2	0.4913	8.3740	6.5819
36	0.05940	1.0063	23.97	150.74	2567.2	2416.4	0.5184	8.3348	6.5424
38	0.06624	1.0070	21.63	159.09	2570.8	2411.7	0.5453	8.2988	6.5036
40	0.07375	1.0078	19.55	167.45	2574.4	2406.9	0.5721	8.2653	6.4654
42	0.08198	1.0086	17.69	175.81	2577.9	2402.1	0.5987	8.2209	6.4278
44	0.09100	1.0094	16.04	184.17	2581.5	2397.3	0.6252	8.1842	6.3906
46	0.10086	1.0103	14.56	192.53	2585.1	2392.5	0.6514	8.1481	6.3539
48	0.11162	1.0112	13.23	200.89	2588.6	2387.7	0.6776	8.1842	6.3176
50	0.12335	1.0121	12.05	209.26	2592.2	2382.9	0.7035	8.0776	6.2817
52	0.13613	1.0131	10.98	217.62	2595.7	2378.1	0.7293	7.9431	6.2461
54	0.15002	1.0140	10.02	225.98	2599.2	2372.2	0.7550	8.0093	6.2107
56	0.16511	1.0150	9.159	234.35	2602.7	2368.4	0.7804	7.9759	6.1756
58	0.18147	1.0161	8.381	242.72	2606.2	2363.5	0.8058	7.9431	6.1408
60	0.19920	1.0171	7.679	251.09	2609.7	2358.6	0.8310	7.9108	6.1057
62	0.2184	1.0182	7.044	259.46	2613.2	2353.7	0.8560	7.8790	6.0709
64	0.2391	1.0193	6.498	267.84	2616.9	2348.8	0.8809	7.8477	6.0359
66	0.2615	1.0205	5.476	276.21	2620.1	2343.9	0.9057	7.8168	6.0010
68	0.2856	1.0217	5.046	284.59	2623.5	2338.9	0.9303	7.7864	5.9658
70	0.3116	1.0228	4.656	292.97	2626.9	2334.0	0.9548	7.7565	5

Таблица IX-2 **Таблица Теплового Расширения**

t = температура	$v' =$ удельный объем жидкости	$h' =$ энтальпия жидкости	$r =$ теплота парообразования	$s' =$ энтропия жидкости
$p =$ давления	$v'' =$ удельный объем пара	$h'' =$ энтальпия газа		$s'' =$ энтропия газа

Таблица IX-2 Таблица Теплового Расширения

t °C	p бар	v' дм³/кг	v'' м³/кг	h' кДж/кг	h'' кДж/кг	γ кДж/кг	s' кДж/кг	s'' кДж/кг
0.010	6.9808	1.0001	129.20	29.34	251.44	2485.0	0.1060	8.9767
0.015	13.036	1.0006	87.98	54.71	252.55	2470.7	0.1957	8.8288
0.020	17.513	1.0012	67.01	73.46	253.36	2460.2	0.2607	8.7246
0.025	21.096	1.0020	54.26	88.45	254.02	2451.7	0.3119	8.6440
0.030	24.100	1.0027	45.67	101.00	254.56	2444.6	0.3544	8.5785
0.035	26.694	1.0033	39.48	111.85	255.04	2438.5	0.3907	8.5232
0.040	28.983	1.0040	34.80	121.41	255.45	2433.1	0.4225	8.4755
0.045	31.035	1.0046	31.14	129.99	255.82	2428.2	0.4507	8.4335
0.050	32.998	1.0052	28.19	137.77	256.16	2423.8	0.4763	8.3960
0.055	34.605	1.0058	25.77	144.91	256.47	2419.8	0.4995	8.3621
0.060	36.183	1.0064	23.74	151.50	256.75	2416.0	0.5209	8.3312
0.065	37.651	1.0069	22.02	157.64	257.02	2412.5	0.5407	8.3029
0.070	39.025	1.0074	20.53	163.38	257.26	2409.2	0.5591	8.2767
0.075	40.316	1.0079	19.24	168.77	257.49	2406.2	0.5763	8.2523
0.080	41.534	1.0084	18.10	173.86	257.74	2403.4	0.5925	8.2296
0.085	42.689	1.0089	17.10	178.69	257.92	2400.5	0.6079	8.2082
0.090	43.787	1.0094	16.20	183.28	258.11	2397.9	0.6224	8.1881
0.095	44.833	1.0098	15.40	187.65	258.30	2395.3	0.6361	8.1691
0.10	45.833	1.0102	14.67	191.83	258.48	2392.9	0.6493	8.1511
0.12	49.446	1.0119	12.36	206.94	2591.2	2384.3	0.6963	8.0872
0.14	52.574	1.0133	10.69	220.02	2596.7	2376.7	0.7367	8.0334
0.16	55.341	1.0147	9.433	231.59	2601.6	2370.0	0.7721	7.9869
0.18	57.826	1.0160	8.445	241.99	2605.9	2363.9	0.8036	7.9460
0.20	60.086	1.0172	7.650	251.45	2609.9	2358.4	0.8321	7.9094
0.25	64.992	1.0199	6.204	271.99	2618.3	2346.4	0.8932	7.8323
0.30	69.124	1.0223	5.229	289.30	2625.4	2336.1	0.9441	7.7695
0.40	75.886	1.0265	3.993	317.65	2636.9	2319.2	1.0261	7.6709
0.45	78.743	1.0284	3.576	326.64	2641.7	2312.0	1.0603	7.6307
0.50	81.345	1.0301	3.240	340.56	2646.0	2305.4	1.0912	7.5947
0.55	83.737	1.0317	2.964	350.61	2649.9	2299.3	1.1194	7.5623
0.60	85.954	1.0333	2.732	359.93	2653.6	2293.6	1.1454	7.5327
0.65	88.021	1.0347	2.535	368.62	2656.9	2288.3	1.1696	7.5055
0.70	89.959	1.0361	2.365	376.77	2660.1	2283.3	1.1921	7.4804
0.75	91.785	1.0375	2.217	384.45	2663.0	2278.6	1.2131	7.4570
0.80	93.512	1.0387	2.087	391.72	2665.8	2274.0	1.2330	7.4352
0.85	95.152	1.0400	1.972	398.63	2668.4	2269.8	1.2518	7.4147
0.90	96.713	1.0412	1.869	405.21	2670.9	2265.6	1.2696	7.3954
1.0	99.632	1.0434	1.694	417.51	2675.4	2257.9	1.3027	7.3598
1.5	111.37	1.0530	1.159	467.13	2693.4	2226.2	1.4336	7.2334
2.0	120.23	1.0608	0.8854	504.70	2706.3	2201.6	1.5301	7.1268
2.5	127.43	1.06675	0.7184	535.34	2716.4	2181.0	1.6071	7.0520
3.0	133.54	1.0735	0.6056	561.43	2724.7	2163.2	1.6716	6.9909
3.5	138.87	1.0789	0.5240	584.27	2731.6	2147.4	1.7273	6.9392
4.0	143.62	1.0839	0.4622	604.67	2737.6	2133.0	1.7764	6.8943
4.5	147.92	1.0885	0.4138	623.16	2742.9	2120.4	1.8204	6.8547
5.0	151.84	1.0928	0.3747	640.12	2747.5	2107.4	1.8604	6.8192
6.0	158.84	1.1009	0.3155	670.42	2755.5	2085.0	1.9308	6.7575
7.0	164.96	1.1082	0.2727	697.06	2762.0	2064.9	1.9918	6.7052
8.0	170.41	1.1150	0.2403	720.94	2767.5	2046.5	2.0457	6.6596
9.0	175.36	1.1213	0.2148	742.64	2772.1	2029.5	2.0941	6.6192
10.0	179.88	1.1274	0.1943	762.61	2776.2	2013.6	2.1382	6.5828

t = температура
p = давленияv' = удельный объем жидкости
v'' = удельный объем параh' = энтальпия жидкости
h'' = энтальпия газаγ = теплота парообразования
s' = энтропия жидкости
s'' = энтропия газа

Таблица IX-7

Размеры и значения веса трубы

Примечание: °C. = 5/9 (°F.-32); °F. = 9/5 °C.+32

Номин.диаметр. Внешний диаметр мм - дюйм		Тип и номер трубы по стандарту США			Толщина трубы мм - дюйм		Площадь поперечного сечения см²	Момент инерции см⁴ - дюйм⁴		Поперечное сечение модуля см³ - дюйм³		Вес трубы кг/мфунт/фут		Вес воды кг/мфунт/фут				
15 21.336	1/2" 0.840	Std.	40	40S	2.769	0.109	1.96	0.7078	0.0171	0.6639	0.0407	1.265	0.851	0.196	0.132			
		XS	80	80S	3.734	0.147	1.51	0.8325	0.0201	0.7809	0.0478	1.618	1.09	0.151	0.101			
			160		4.750	0.187	1.10	0.9191	0.0221	0.8621	0.0527	1.949	1.30	0.110	0.074			
		XXS			7.468	0.294	0.32	1.0043	0.243	0.9421	0.0577	2.551	1.72	0.032	0.022			
20 26.670	3/4" 1.050	Std.	40	40S	2.870	0.113	3.44	1.5385	0.0370	1.1541	0.0706	1.682	1.13	0.344	0.231			
		XS	80	80S	3.912	0.154	2.79	1.8602	0.0448	1.3954	0.0853	2.192	1.47	0.279	0.187			
			160		5.537	0.218	1.91	2.1921	0.0527	1.6444	0.100	2.887	1.94	0.191	0.128			
		XXS			7.823	0.308	0.95	2.4059	0.0579	1.8048	0.110	3.631	2.44	0.095	0.064			
25 33.401	1" 1.315	Std.	40	40S	3.378	0.133	5.59	3.0274	0.0874	2.1600	0.133	2.494	1.68	0.559	0.374			
		XS	80	80S	4.547	0.179	4.04	4.3894	0.106	2.6284	0.161	3.229	2.17	0.404	0.311			
			160		6.350	0.250	3.36	5.2049	0.125	3.1167	0.190	4.233	2.84	0.336	0.226			
		XXS			9.093	0.358	1.81	5.8424	0.141	3.4984	0.214	5.446	3.66	0.181	0.122			
32 42.164	1 1/4" 1.660	Std.	40	40S	3.556	0.140	9.64	8.0872	0.195	3.8364	0.235	3.378	2.27	0.964	0.65			
		XS	80	80S	4.851	0.191	8.27	10.0535	0.242	4.7691	0.291	4.460	3.00	0.827	0.56			
			160		6.350	0.250	6.81	11.8048	0.284	5.6000	0.342	5.604	3.76	0.681	0.46			
		XXS			9.703	0.382	3.06	14.1836	0.341	6.7285	0.411	7.760	5.22	0.306	0.27			
40 48.260	1 1/2 1.900	Std.	40	40S	3.683	0.145	13.13	12.8837	0.310	5.3392	0.326	4.043	2.72	1.313	0.88			
		XS	80	80S	5.080	0.200	11.39	16.2745	0.391	6.7445	0.412	5.406	3.63	1.139	0.77			
			160		7.137	0.281	9.07	20.0562	0.483	8.3117	0.508	7.228	4.87	0.907	0.61			
		XXS			10.160	0.400	6.12	23.6220	0.568	9.7893	0.598	9.541	6.41	0.612	0.41			
50 60.325	2" 2.375	Std.	40	40S	3.912	0.154	21.63	27.679	0.666	9.177	0.561	5.43	3.65	2.163	1.45			
		XS	80	80S	5.537	0.218	19.04	36.063	0.868	11.957	0.731	7.46	5.02	1.904	1.28			
			160		8.730	0.343	14.42	48.395	1.16	16.046	0.979	11.10	7.45	1.442	0.97			
		XXS			11.074	0.436	11.44	54.526	1.31	18.078	1.10	13.44	9.03	1.144	0.77			
65 73.025	2 1/2" 2.875	Std.	40	40S	5.156	0.203	30.88	63.559	1.53	17.408	1.06	8.61	5.79	3.0888	2.08			
		XS	80	80S	7.010	0.276	27.32	80.030	1.93	21.920	1.34	11.40	7.66	2.732	1.84			
			160		9.525	0.375	22.84	97.825	2.35	26.794	1.64	14.90	10.0	2.284	1.54			
		XXS			14.021	0.552	15.89	119.398	2.87	32.702	2.00	20.38	13.7	1.589	1.07			
80 88.900	3" 3.500	Std.	40	40S	5.186	0.216	47.68	125.400	3.02	28.211	1.72	11.26	7.58	4.768	3.20			
		XS	80	80S	7.020	0.300	42.59	161.012	3.90	36.448	2.23	15.26	10.3	4.259	2.86			
			160		11.120	0.438	34.88	209.573	5.04	47.148	2.88	21.28	14.3	3.488	2.34			
		XXS			15.240	0.600	26.79	249.300	5.99	56.085	3.43	27.67	18.6	2.679	1.80			
100 114.300	4" 4.500	Std.	40	40S	6.010	0.237	82.12	300.480	7.23	52.577	3.21	16.04	10.8	8.212	5.51			
		XS	80	80S	8.550	0.337	74.16	399.460	9.61	69.896	4.27	22.28	15.3	7.416	4.98			
			120		11.120	0.438	66.52	485.000	11.7	84.804	5.18	28.28	19.0	6.652	4.47			
		XXS			13.487	0.531	59.88	551.900	13.3	96.570	5.90	33.49	22.5	5.988	4.02			
125 141.300	5" 5.563	Std.	40	40S	6.553	0.258	129.01	635.63	15.3	112.213	6.79	40.98	27.5	5.034	3.38			
		XS	80	80S	9.525	0.375	117.33	859.50	20.7	121.650	7.43	20.92	20.8	11.733	7.88			
			120		12.700	0.500	105.44	1070.50	25.7	151.640	9.25	40.25	27.0	10.554	7.09			
		XXS			15.875	0.625	94.46	1245.20	30.0	186.240	10.8	48.87	33.0	9.446	6.33			
150 168.275	6" 6.625	Std.	40	40S	7.112	0.280	186.20	1399.26	33.6	208.050	12.1	57.40	38.6	8.360	5.62			
		XS	80	80S	10.973	0.432	168.06	1683.60	40.5	210.110	12.1	42.53	28.6	16.806	11.3			
			120		14.275	0.562	153.24	2062.70	49.6	255.180	15.0	54.16	36.4	15.324	10.3			
		XXS			18.260	0.718	136.24	2454.70	59.0	281.770	17.8	67.51	45.3	13.624	9.16			
200 219.075	8" 8.625				21.946	0.864	121.44	2758.30	66.3	337.860	20.0	79.12	53.2	12.144	8.14			
			20		6.350	0.250	333.9	2400.8	57.7	219.19	13.4	33.29	22.4	33.390	22.5			
			30		7.036	0.277	329.8	2633.0	63.4	240.39	14.7	36.74	24.7	32.980	22.2			
			Std.	40	40S	8.179	0.322	322.5	3012.1	72.5	275.00	16.8	42.66	28.6	32.250	21.7		
			60		10.312	0.406	309.1	3690.0	88.3	356.89	20.6	53.05	35.6	30.910	20.8			
			XS	80	80S	12.700	0.500	294.4	4397.0	106	401.44	24.5	64.59	43.4	29.440	19.8		
				100		15.080	0.593	280.1	5050.9	154	461.14	28.1	75.82	50.9	28.010	18.8		
				120		18.260	0.718	261.5	5850.7	141	534.16	32.6	90.37	60.6	26.150	17.6		
				140		20.625	0.812	248.2	6392.6	154	583.63	35.6	100.85	67.8	24.820	16.7		
			XXS			22.225	0.875	239.3	6736.3	162	615.01	37.6	107.80	72.4	23.930	16.1		
				160		23.012	0.906	235.0	6899.1	166	629.88	38.5	111.19	74.7	23.500	15.8		
		250 273.050	10" 10.750		20		6.350	0.250	532.0	4730.2	114	346.48	21.2	41.74	28.0	53.200	35.7	
					30		7.798	0.307	520.3	5711.0	138	418.30	25.6	50.93	34.2	52.030	34.9	
					Std.	40	40S	9.271	0.365	508.4	6685.4	161	489.70	29.9	60.27	40.5	50.840	34.1
					XS	60		12.700	0.500	484.7	8558.8	212	626.92	39.4	78.86	54.7	48.470	32.3
						80	80S	15.080	0.593	463.0	10194.8	245	746.78	45.5	95.88	64.3	46.300	31.1
				100		18.260	0.718	439.1	11914.1	286	872.69	53.2	114.67	76.9	43.910	29.5		
				120		21.430	0.843	415.9	13495.3	324	988.52	60.3	132.90	89.2	41.590	27.9		
				140		25.400	1.000	387.7	15299.6	368	1120.68	68.4	155.04	104	38.770	26.0		
				160		28.575	1.125	365.9	16608.0	399	1216.52	74.3	172.16	116	36.590	24.6		
300 323.850	12" 12.750				20		6.350	0.250	759.9	7979.5	192	492.80	30.0	49.69	33.4	75.990	51.1	
					30		8.382	0.330	740.2	10342.8	249	638.14	39.0	65.16	43.8	74.020	49.7	
					Std.		40S	9.525	0.375	729.2	11614.2	279	717.28	43.8	73.75	49.6	72.920	49.0
				40		10.312	0.406	721.7	12485.4	300	771.08	47.1	79.67	53.5	72.170	48.5		
			XS		80S	12.700	0.500	699.1	15039.5	362	928.82	56.7	97.40	65.4	69.910	47.0		
				60		14.275	0.562	684.5	16651.8	401	1028.39	62.8	108.88	73.2	68.450	46.0		
				80		17.470	0.687	655.1	19782.4	475	1221.73	74.5	131.90	88.5	65.510	44.0		
				100		21.430	0.843	619.7	23378.9	562	1443.85	88.1	159.74	107	61.970	41.6		
				120		25.400	1.000	585.2	26691.8	642	1648.45	101	186.80	125	58.520	39.3		
				140		28.575	1.125	558.3	29137.6	701	1799.50	110	207.93	140	55.830	37.5		
				160		33.325	1.312	519.2	32486.8	781	2006.53	123	238.60	160	51.920	34.9		

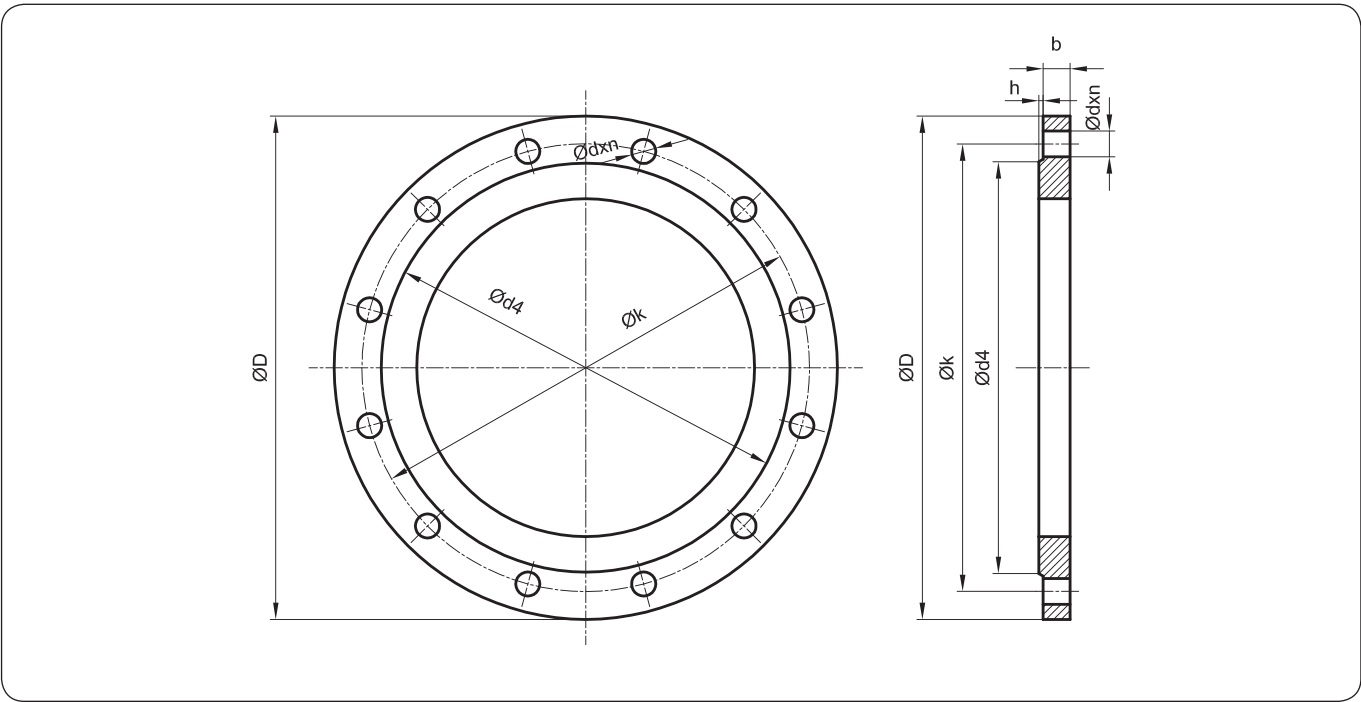
Таблица IX-7 Размеры и значения веса трубы

Примечание: °C. = 5/9 (°F.-32); °F. = 9/5 °C.+32

Номинальный диаметр. Внешний диаметр мм - дюйм		Тип и номер трубы по стандарту США	Толщина трубы мм- дюйм	Площадь поперечного сечения см²	Момент инерции см⁴ · дюйм⁴	Поперечное сечение модуля см² · дюйм³	Вес трубы кг/мфунт/ фут	Вес воды кг/мфунт/ фут	Поперечное сечение модуля см³ · дюйм³	Вес трубы кг/мфунт/фут	Вес воды кг/мфунт/ фут			
350 355.600	14" 14.00		10	6.350	0.250	923.0	11006	255	619.06	36.5	54.6	36.7	92.300	62.0
			20	7.925	0.312	906.0	13006	315	736.04	45.0	67.9	45.7	90.600	60.6
		Std.	30	9.525	0.675	889.0	15515	373	872.62	53.3	81.2	54.6	88.900	59.7
			40	11.100	0.438	872.5	17831	429	1002.09	61.4	94.2	63.4	87.250	58.6
		XS		12.700	0.500	855.9	20125	484	1131.00	69.1	107.3	72.1	85.590	57.5
			60	15.062	0.593	831.5	23456	562	1319.27	80.3	126.4	84.9	83.150	55.9
			80	19.050	0.750	791.3	28593	687	1608.20	98.2	158.0	106	79.130	53.1
			100	23.800	0.937	744.6	34298	825	1929.03	118	194.6	131	74.460	50.0
			120	27.787	1.093	706.5	38699	930	2178.55	133	224.5	151	70.650	47.5
			140	31.750	1.250	669.7	42733	1030	2403.45	147	253.4	170	66.970	45.0
400 406.400	16" 16.00		180	35.712	1.406	533.8	46461	1120	2613.13	160	281.6	189	63.380	42.6
			10	6.350	0.250	1216.7	15961	384	785.4	48.0	62.6	42.1	121.870	81.7
			20	7.925	0.312	1197.4	19676	474	968.3	59.3	77.7	52.3	119.740	80.5
		Std.	30	9.525	0.375	1177.7	23372	562	1150.1	70.3	93.1	62.6	117.770	79.7
			40	12.700	0.500	1139.5	30450	732	1498.5	91.5	123.2	82.8	113.950	73.5
		XS	60	16.662	0.656	1092.6	38782	933	1908.5	117	160.0	108	109.260	73.4
			80	21.430	0.843	1037.4	48137	1150	2368.9	145	203.3	136	130.740	69.7
			100	26.187	1.031	983.9	56750	1370	2792.8	171	245.3	165	98.390	66.14
			120	30.960	1.218	931.5	64744	1560	3186.2	195	286.5	192	93.150	62.6
			140	36.520	1.438	872.3	73243	1760	3604.4	220	332.9	224	87.230	58.6
450 457.200	18" 18.000		160	40.480	1.593	631.4	78799	1890	3877.9	237	365.1	245	63.140	55.9
			10	6.350	0.250	1551.0	22845	549	999.3	61.0	70.5	47.4	155.1	104
		Std.	20	7.925	0.312	1529.1	20200	679	1233.5	75.5	87.7	59.0	152.9	103
		XS		9.525	0.375	1507.0	33541	807	1467.2	89.6	105.0	70.6	150.7	101.4
			30	11.120	0.438	1485.1	38766	932	1695.8	104	122.2	82.2	148.5	99.7
				12.700	0.500	1403.6	43814	1050	1916.6	117	139.1	93.5	140.4	98.9
			40	14.270	0.562	1442.4	40716	1170	2131.0	130	155.7	105	144.2	96.9
			60	19.050	0.750	1378.8	63012	1520	2756.4	168	205.7	136	137.9	92.6
			80	23.850	0.937	1316.7	86330	1830	3339.0	204	254.4	171	131.7	88.5
			100	29.362	1.156	1246.4	90573	2180	3966.4	242	309.6	208	127.7	83.7
500 508.000	20" 20.000		120	34.920	1.375	1177.8	103914	2500	4545.6	278	363.4	244	117.8	79.1
			140	39.675	1.562	1129.8	114358	2750	5902.5	306	408.2	274	113.0	75.3
			160	44.230	1.781	1055.4	125622	3020	5495.2	336	459.2	309	150.5	70.9
			10	0.350	0.250	1925	32469	757	1238.9	75.7	78.5	52.7	192.5	129
		Std.	20	9.525	0.375	1876	46300	1110	1822.8	111	116.9	78.6	187.6	126
		XS	30	12.700	0.500	1828	60844	1460	2595.4	146	155.3	104	182.8	123
			40	15.080	0.593	1792	70954	1700	2793.4	170	182.0	123	179.2	120
			60	20.625	0.812	1710	93688	2260	3695.5	226	247.7	166	171.0	115
			80	26.187	1.031	1629	115277	2770	4538.4	277	310.9	209	162.9	109
			100	32.537	1.281	1540	137866	3320	5428.5	323	362.0	256	154.0	103
600 609.600	24" 24.000		120	38.100	1.500	1463	158180	3760	6148.6	376	441.2	296	146.3	98.3
			140	44.450	1.750	1378	175353	4220	6904.6	422	507.8	341	137.8	92.6
			160	50.010	1.968	1306	190814	4590	7512.3	459	564.5	379	130.6	87.8
			10	6.350	0.250	2796	54720	1320	1795.2	110	94.4	63.4	279.6	188
		Std.	20	9.525	0.375	2736	81409	1940	2670.8	162	141.9	94.6	273.6	184
		XS		12.700	0.500	2679	106057	2550	6479.5	213	186.8	125	267.9	180
			30	14.275	0.562	2650	118245	2840	3879.4	237	209.4	141	265.0	178
			40	17.470	0.587	2592	142482	3420	4674.6	285	254.9	171	259.2	174
			60	24.610	0.968	2465	193715	4650	6355.4	388	354.8	238	246.5	166
			80	30.960	1.218	2354	236108	5670	7746.2	473	441.5	296	235.4	158
750 762.00	30" 30.000		100	38.880	1.531	2221	284586	6850	9336.8	571	548.0	367	222.1	149
			120	46.020	1.812	2102	325490	7820	10678.8	652	639.2	429	210.2	141
			140	52.375	2.062	2000	358793	8630	11771.4	719	719.3	483	200.0	134
			160	59.530	2.343	1888	393448	9460	12900.3	799	807.1	542	188.8	127
			10	7.92	0.312	4370	132984	3210	3490.3	214	147.45	98.9	437.0	294
		Std.		9.52	0.375	4333	158910	3830	4170.8	255	176.57	119	433.3	291
			20	12.70	0.500	4259	209766	5040	5505.6	336	234.44	157	425.9	286
			30	15.88	0.625	4185	259313	6220	6806.1	415	291.11	196	418.5	281

Таблица IX-8 Параметры Фланцев

ANSI



ANSI 150

h = 1/16 (1.6 мм)

Номинальный Диаметр (дюйм)	ØD		Ød4		Øk		b		Ød		n	w
	дюйм	мм	дюйм	мм	дюйм	мм	дюйм	мм	дюйм	мм		
1/2	3 1/2	88.9	1 3/8	34.9	2 3/8	60.3	3/8	9.5	5/8	15.9	4	1/2 1/2
3/4	3 7/8	98.4	1 11/16	42.9	2 3/4	69.9	3/8	9.5	5/8	15.9	4	1/2
1	4 1/4	108.0	2	50.8	3 1/8	79.4	3/8	9.5	5/8	15.9	4	1/2
1 1/4	4 5/8	117.5	2 1/2	63.5	3 1/2	88.9	7/16	11.1	5/8	15.9	4	1/2
1 1/2	5	127.0	2 7/8	73.0	3 7/8	98.4	1/2	12.7	5/8	15.9	4	5/8
2	6	152.4	3 5/8	92.1	4 3/4	120.7	9/16	14.3	3/4	19.1	4	5/8
2 1/2	7	177.8	4 1/8	104.8	5 1/2	139.7	5/8	15.9	3/4	19.1	4	5/8
3	7 1/2	190.5	5	127.0	6	152.4	11/16	17.5	3/4	19.1	4	5/8
3 1/2	8 1/2	215.9	5 1/2	139.7	7	177.8	3/4	19.1	3/4	19.1	8	5/8
4	9	228.6	6 3/16	157.2	7 1/2	190.5	7/8	22.2	3/4	19.1	8	3/4
5	10	254.0	7 5/16	185.7	8 1/2	215.9	7/8	22.2	7/8	22.2	8	3/4
6	11	279.4	8 1/2	215.9	9 1/2	241.3	15/16	23.8	7/8	22.2	8	3/4
8	13 1/2	342.9	10 5/8	269.9	11 3/4	298.5	1 1/16	27.0	7/8	22.2	8	7/8
10	16	406.4	12 3/4	323.9	14 1/4	362.0	1 1/8	28.6	1	25.4	12	7/8
12	19	482.6	15	381.0	17	431.8	1 3/16	30.2	1	25.4	12	1
14	21	533.4	16 1/4	412.8	18 3/4	476.3	1 5/16	33.3	1 1/8	28.6	12	1
16	23 1/2	596.9	18 1/2	469.9	21 1/4	539.8	1 3/8	34.9	1 1/8	28.6	16	1 1/8
18	25	635.0	21	533.4	22 3/4	577.9	1 1/2	38.1	1 1/4	31.8	16	1 1/8
20	27 1/2	698.5	23	584.2	25	635.0	1 5/8	41.3	1 1/4	31.8	20	1 1/8
24	32	812.0	27 1/4	692.2	29	749.3	1 13/16	46.0	1 3/8	34.9	20	1 1/4

ANSI 300 фунт

h = 1/16" (1.6 мм)

Номинальный Диаметр (дюйм)	ØD		Ød4		Øk		b		Ød		n	w
	дюйм	мм	дюйм	мм	дюйм	мм	дюйм	мм	дюйм	мм		
1/2	3 3/4	95.3	1 3/8	34.9	2 5/8	66.7	1/2	12.7	5/8	15.9	4	1/2
3/4	4 5/8	117.5	1 11/16	42.9	3 1/4	82.6	9/16	14.3	3/4	19.1	4	5/8
1	4 7/8	123.8	2	50.8	3 1/2	88.9	5/8	15.9	3/4	19.1	4	5/8
1 1/4	5 1/4	133.4	2 1/2	63.5	3 7/8	98.4	11/16	17.5	3/4	19.1	4	5/8
1 1/2	6 1/8	155.6	2 7/8	73.0	4 1/2	114.3	3/4	19.1	7/8	22.2	4	3/4
2	6 1/2	165.1	3 5/8	92.1	5	127.0	13/16	20.6	3/4	19.1	8	5/8
2 1/2	7 1/2	190.5	4 1/8	104.8	5 7/8	149.2	15/16	23.6	7/8	22.2	8	3/4
3	8 1/4	209.6	5	127.0	6 5/8	168.3	1 1/16	27.0	7/8	22.2	8	3/4
3 1/2	9	228.6	5 1/2	139.7	7 1/4	184.2	1 1/8	28.6	7/8	22.2	8	3/4
4	10	254.0	6 3/16	157.2	7 7/8	200.0	1 3/16	30.2	7/8	22.2	8	3/4
5	11	279.4	7 5/16	185.7	9 1/4	235.0	1 5/16	33.3	7/8	22.2	8	3/4
6	12 1/2	317.5	8 1/2	215.98	10 5/8	269.9	1 3/8	34.9	7/8	22.2	12	3/4
8	15	381.0	10 5/8	269.9	13	330.2	1 9/16	39.7	1	25.4	12	7/8
10	17 1/2	444.5	12 3/4	323.9	15 1/4	387.4	1 13/16	46.0	1 1/8	28.6	16	1
12	20 1/2	520.7	15	381.0	17 3/4	450.9	1 15/16	49.2	1 1/4	31.8	16	1 1/8
14	23	584.2	16 1/4	412.8	20 1/4	514.4	2 1/16	52.4	1 1/4	31.8	20	1 1/8
16	25 1/2	647.7	18 1/2	469.9	22 1/2	571.5	2 3/16	55.6	1 3/8	34.9	20	1 1/4
18	28	711.2	21	533.4	24 3/4	628.7	2 5/16	58.7	1 3/8	34.9	24	1 1/4
20	30 1/2	774.7	23	584.2	27	685.8	2 7/16	61.9	1 3/8	34.9	24	1 1/4
24	36	914.4	27 1/4	692.2	32	812.8	2 11/16	68.3	1 5/8	41.3	24	1 1/2

ANSI 400 фунт

h = 1/4" (6.4 мм)

Номинальный Диаметр (дюйм)	ØD		Ød4		Øk		b		Ød		n	w
	дюйм	мм	дюйм	мм	дюйм	мм	дюйм	мм	дюйм	мм		
1/2	3 3/4	95.3	1 3/8	34.9	2 5/8	66.7	9/16	14.3	5/8	15.9	4	1/2
3/4	4 5/8	117.5	1 11/18	42.9	3 1/4	82.6	5/8	15.9	3/4	19.1	4	5/8
1	4 7/8	123.8	2	50.8	3 1/2	88.9	11/16	17.5	3/4	19.1	4	5/8
1 1/4	5 1/4	133.4	2 1/2	63.5	3 7/8	98.4	13/16	20.6	3/4	19.1	4	5/8
1 1/2	6 1/8	155.6	2 7/8	73.0	4 1/2	114.3	7/8	22.2	7/8	22.2	8	3/4
2	6 1/2	165.1	3 5/8	92.1	5	127.0	1	25.4	3/4	19.1	8	5/8
2 1/2	7 1/2	190.5	4 1/8	104.8	5 7/8	149.2	1 1/8	28.6	7/8	22.2	8	3/4
3	8 1/4	209.6	5	127.0	6 5/8	168.3	1 1/4	31.8	7/8	22.2	8	3/4
3 1/2	9	228.6	5 1/2	139.7	7 1/4	184.2	1 3/8	34.9	1	25.4	8	7/8
4	10	254.0	6 3/16	157.2	7 7/8	200.0	1 3/8	34.9	1	25.4	8	7/8
5	11	279.4	7 5/16	185.7	9 1/4	235.0	1 1/2	38.1	1	25.4	8	7/8
6	12 1/2	317.5	8 1/2	215.9	10 5/8	269.9	1 5/8	41.1	1	25.4	12	7/8
8	15	381.0	10 5/8	269.9	13	330.2	1 7/8	47.6	1 1/8	28.6	12	1
10	17 1/2	444.5	12 3/4	323.9	15 1/4	387.4	2 1/8	54.0	1 1/4	31.8	16	1 1/8
12	20 1/2	520.7	15	381.0	17 3/4	450.9	2 1/4	57.2	1 3/8	34.9	16	1 1/4
14	23	584.2	16 1/4	412.8	20 1/4	514.4	2 3/8	60.3	1 3/8	34.9	20	1 1/4
16	25 1/2	647.7	18 1/2	469.9	22 1/2	571.5	2 1/2	63.5	1 1/2	38.1	20	1 3/8
18	28	711.2	21	533.4	24 3/4	628.7	2 5/8	66.7	1 1/2	38.1	24	1 3/8
20	30 1/2	774.7	23	584.2	27	685.2	2 3/4	69.9	1 5/8	41.3	24	1 1/2
24	36	914.4	27 1/4	692.2	32	812.8	3	76.2	1 7/8	47.6	24	1 3/4

ANSI 600 фунт

h = 1/4" (6.4 мм)

Номинальный Диаметр (дюйм)	ØD		Ød4		Øk		b		Ød		n	w
	дюйм	мм	дюйм	мм	дюйм	мм	дюйм	мм	дюйм	мм		
1/2	3 3/4	95.3	1 3/8	34.9	2 5/8	66.7	9/16	14.3	5/8	15.9	4	1/2
3/4	4 5/8	117.5	1 11/18	42.9	3 1/4	82.6	5/8	15.9	3/4	19.1	4	5/8
1	4 7/8	123.8	2	50.8	3 1/2	88.9	11/16	17.5	3/4	19.1	4	5/8
1 1/4	5 1/4	133.4	2 1/2	63.5	3 7/8	98.4	13/16	20.6	3/4	19.14	4	5/8
1 1/2	6 1/8	155.6	2 7/8	73.0	4 1/2	114.3	7/8	22.2	7/8	22.2	4	3/4
2	6 1/2	165.1	3 5/8	92.1	5	127.0	1	25.4	3/4	19.1	8	5/8
2 1/2	7 1/2	190.5	4 1/8	104.8	5 7/8	149.2	1 1/8	28.6	7/8	22.2	8	3/4
3	8 1/4	209.6	5	127.0	6 5/8	168.3	1 1/4	31.8	7/8	22.2	8	3/4
3 1/2	9	228.6	5 1/2	139.7	7 1/4	184.2	1 3/8	34.9	1	25.4	8	7/8
4	10 3/4	273.1	6 3/16	157.2	8 1/2	215.9	1 1/2	38.1	1	25.4	8	7/8
5	13	330.2	7 5/16	185.7	10 1/2	266.7	1 3/4	44.5	1 1/8	28.6	8	1
6	14	355.6	8 1/2	215.9	11 1/2	292.1	1 7/8	47.6	1 1/8	28.6	12	1
8	16 1/2	419.1	10 5/8	269.9	13 3/4	349.3	2 3/16	55.6	1 1/4	31.8	12	1 1/8
10	20	508.0	12 3/4	323.9	17	431.8	2 1/2	63.5	1 3/8	34.9	16	1 1/4
12	22	558.8	15	381.0	19 1/4	489.0	2 5/8	66.7	1 3/8	34.9	20	1 1/4
14	23 3/4	603.3	16 1/4	412.8	20 3/4	527.1	2 3/4	69.9	1 1/2	38.1	20	1 3/8
16	27	685.8	18 1/2	469.9	23 3/4	603.3	3	76.2	1 5/8	41.3	20	1 1/2
18	29 1/4	743.0	21	533.4	25 3/4	654.1	3 1/4	82.6	1 3/4	44.5	20	1 5/8
20	32	812.8	23	584.4	28 1/2	723.9	3 1/2	88.9	1 3/4	44.5	24	1 5/8
24	37	938.8	27 1/4	692.2	33	832.2	4	101.6	2	50.8	24	1 7/8

ANSI 900 фунт

h = 1/4" (6.4 мм)

Номинальный Диаметр (дюйм)	ØD		Ød4		Øk		b		Ød		n	w
	дюйм	мм	дюйм	мм	дюйм	мм	дюйм	мм	дюйм	мм		
1/2	4 3/4	120.7	1 3/8	34.9	3 1/4	82.6	7/8	22.2	7/8	22.2	4	3/4
3/4	5 1/8	130.2	1 11/16	42.9	3 1/2	88.9	1	25.4	7/8	22.2	4	3/4
1	5 7/8	149.2	2	50.8	4	101.6	1 1/8	28.6	1	25.4	4	7/8
1 1/4	6 1/4	158.8	2 1/2	63.5	4 3/8	111.1	1 1/8	28.6	1	25.4	4	7/8
1 1/2	7	177.8	2 7/8	73.0	4 7/8	123.8	1 1/4	31.8	1 1/8	28.6	4	1
2	8 1/2	215.9	3 5/8	92.1	6 1/2	165.1	1 1/2	38.1	1	25.4	8	7/8
2 1/2	9 5/8	244.5	4 1/8	104.8	7 1/2	190.5	1 5/8	41.3	1 1/8	28.6	8	1
3	9 1/2	241.3	5	127.0	7 1/2	190.5	1 1/2	38.1	1	25.4	8	7/8
4	11 1/2	292.1	6 3/16	157.2	9 1/4	235.0	1 3/4	44.5	1 1/4	31.8	8	1 1/8
5	13 3/4	349.3	7 5/16	185.7	11	279.4	2	50.8	1 3/8	34.9	8	1 1/4
6	15	381.0	8 1/2	215.9	12 1/2	317.5	2 3/16	55.6	1 1/4	31.8	12	1 1/8
8	18 1/2	469.9	10 5/8	269.9	15 1/2	393.7	2 1/2	63.5	1 1/2	38.1	12	1 3/4
10	21 1/2	546.1	12 3/4	323.9	18 1/2	469.9	2 3/4	69.9	1 1/2	38.1	16	1 3/8
12	24	609.6	15	381.0	21	533.4	3 1/8	79.4	1 1/2	38.1	20	1 3/8
14	25 1/4	641.4	16 1/4	412.8	22	558.8	3 3/8	85.7	1 5/8	41.3	20	1 1/2
16	27 3/4	704.9	18 1/2	469.9	24 1/4	616.0	3 1/2	88.9	1 3/4	44.5	20	1 5/8
18	31	787.4	21	533.4	27	685.8	4	101.6	2	50.8	20	1 7/8
20	33 3/4	857.3	23	584.2	29 1/2	749.3	4 1/4	108.0	2 1/8	54.0	20	2
24	41	1041.4	27 1/4	692.2	35 1/2	901.7	5 1/2	139.7	2 5/8	66.7	20	2 1/2

ANSI1500 фунт

h = 1/4" (6.4 мм)

Номинальный Диаметр (дюйм)	ØD		Ød4		Øk		b		Ød		n	w
	дюйм	мм	дюйм	мм	дюйм	мм	дюйм	мм	дюйм	мм		
1/2	4 3/4	120.7	1 3/4	34.9	3 1/4	82.6	7/8	22.2	7/8	22.2	4	3/4
3/4	5 1/8	130.2	1 11/16	42.9	3 1/2	88.9	1	25.4	7/8	22.2	4	3/4
1	5 7/8	149.2	2	50.8	4	101.6	1 1/8	28.6	1	25.4	4	7/8
1 1/4	6 1/4	158.8	2 1/2	63.5	4 3/8	111.1	1 1/8	28.6	1	25.4	4	7/8
1 1/2	7	177.8	2 7/8	73.0	4 7/8	123.8	1 1/4	31.8	1 1/8	28.6	4	1
2	8 1/2	215.9	3 5/8	92.1	6 1/2	165.1	1 1/2	38.1	1	25.4	8	7/8
2 1/2	9 5/8	244.5	4 1/8	104.8	7 1/2	190.5	1 5/8	41.3	1/8	28.6	8	1
3	10 1/2	266.7	5	127.0	8	203.2	1 7/8	47.6	1 1/4	31.8	8	1 1/8
4	12 1/4	311.2	6 3/16	157.2	9 1/2	241.3	2 1/8	54.0	1 3/8	34.9	8	1 1/4
5	14 3/4	374.7	7 5/16	185.7	11 1/2	292.1	2 7/8	73.0	1 5/8	41.3	8	1 1/2
6	15 1/2	393.7	8 1/2	215.9	12 1/2	317.5	3 1/4	82.6	1 1/2	38.1	12	1 3/8
2	19	482.6	10 5/8	269.9	15 1/2	393.7	3 5/8	92.1	1 3/4	44.5	12	1 5/8
10	23	584.2	12 3/4	323.9	19	482.6	4 1/4	108.0	2	50.8	12	1 7/8
12	26 1/2	673.1	15	381.0	22 1/2	571.5	4 7/8	123.8	2 1/8	54.0	16	2
14	29 1/2	749.3	16 1/4	412.8	25	635.0	5 1/4	133.4	2 3/8	60.3	16	2 1/4
16	32 1/2	825.5	18 1/2	469.9	27 3/4	704.9	5 3/4	146.1	2 5/8	66.7	16	2 1/2
18	36	914.4	21	533.4	30 1/2	774.7	6 3/8	161.9	2 7/8	73.0	16	2 3/4
20	38 3/4	984.3	23	584.2	32 3/4	831.9	7	177.8	3 1/8	79.4	16	3
24	46	1168.4	27 1/4	692.2	39	990.6	8	203.2	3 5/8	92.1	16	3 1/2

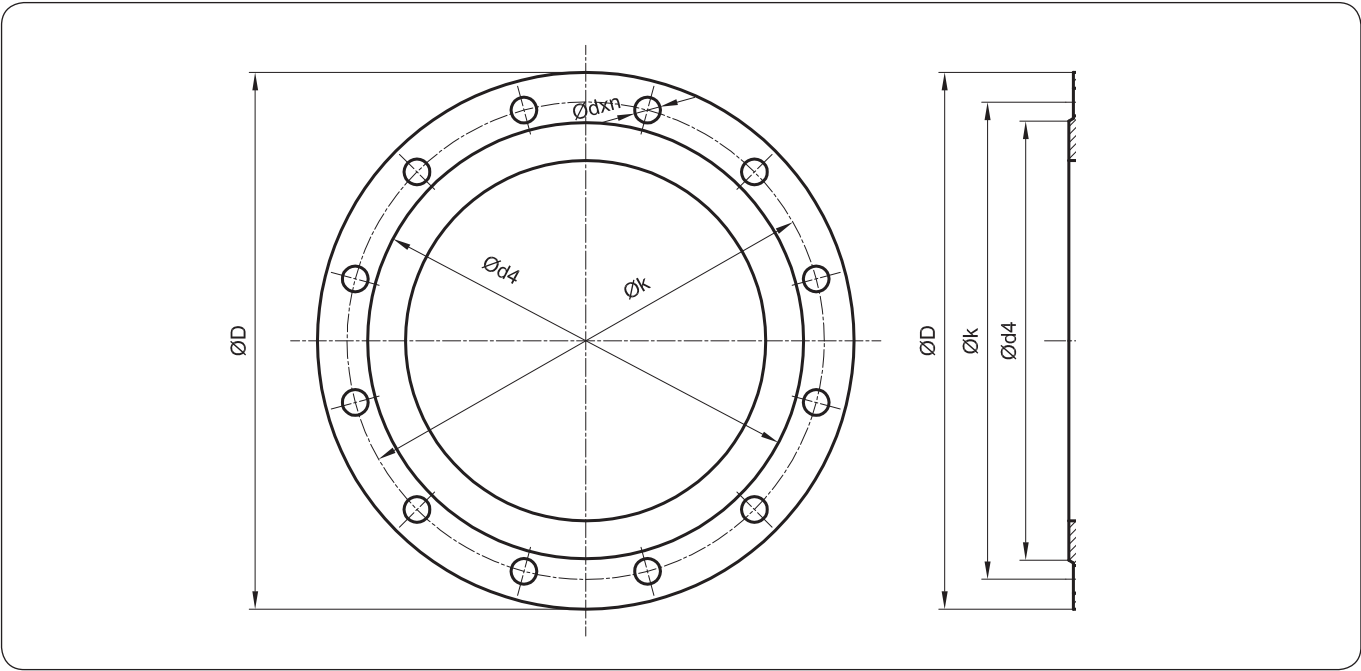
ANSI 2500 фунт

h = 1/4" (6.4 мм)

Номинальный Диаметр (дюйм)	ØD		Ød4		Øk		b		Ød		n	w
	дюйм	мм	дюйм	мм	дюйм	мм	дюйм	мм	дюйм	мм		
1/2	5 1/4	133.4	1 3/8	34.9	3 1/2	88.9	1 3/16	30.2	7/8	22.2	4	3/4
3/4	5 1/2	139.7	1 11/16	42.9	3 3/4	95.3	1 1/4	31.8	7/8	22.2	4	3/4
1	6 1/4	158.8	2	50.8	4 1/4	108.0	1 3/8	34.9	1	25.4	4	7/8
1 1/4	7 1/4	184.2	2 1/2	63.5	5 1/8	130.2	1 1/2	38.1	1 1/8	28.6	4	1
1 1/2	8	203.2	2 7/8	73.0	5 3/4	146.1	1 3/4	44.5	1 1/4	31.8	4	1 1/8
2	9 1/4	235.0	3 5/8	92.1	6 3/4	171.5	2	50.8	1 1/8	28.6	8	1
2 1/2	10 1/2	266.7	4 1/8	104.8	7 3/4	196.9	2 1/4	57.2	1 1/4	31.8	8	1 1/8
3	12	304.8	5	127.0	9	228.6	2 5/8	66.7	1 3/8	34.9	8	1 1/4
4	14	355.6	6 3/16	157.2	10 3/4	273.1	3	76.2	1 5/8	41.3	8	1 1/2
5	16 1/2	419.1	7 5/16	185.7	12 3/4	323.9	3 5/8	92.1	1 7/8	47.4	8	1 3/4
6	19	482.6	8 1/2	215.9	14 1/2	368.3	4 1/4	108.0	2 1/8	54.0	8	2
8	21 3/4	552.5	10 5/8	269.9	17 1/4	438.2	5	127.0	2 1/8	54.0	12	2
10	26 1/2	673.1	12 3/4	323.9	21 1/4	539.8	6 1/2	165.1	2 5/8	66.7	12	2 1/2
12	30	762.0	15	381.0	24 3/8	619.2	7 1/4	184.2	2 7/8	73.0	12	2 3/4

Таблица IX-9 Параметры Фланцев

DIN



DIN 2501

1 ve 2.5 атм

Все размеры даны в мм

Номинальный Ø	ØD	Ød4	Øk	n	w	Ød
6	65	25	40	4	M10	11
8	70	30	45	4	M10	11
10	75	35	50	4	M10	11
15	80	40	55	4	M10	11
20	90	50	65	4	M10	11
25	100	60	75	4	M10	11
32	120	70	90	4	M12	14
40	130	80	100	4	M12	14
50	140	90	110	4	M12	14
65	160	110	130	4	M12	14
80	190	128	150	4	M12	18
100	210	148	170	4	M16	18
125	240	178	200	8	M16	18
150	265	202	225	8	M16	18
200	320	258	280	8	M16	18
250	375	312	335	12	M16	18
300	440	365	395	12	M20	22
350	490	415	445	12	M20	22
400	540	465	495	16	M20	22
450	595	520	550	16	M20	22
500	645	570	600	20	M20	22

Номинальный Ø	ØD	Ød4	Øk	n	w	Ød
600	755	670	705	20	M24	26
700	860	775	810	24	M24	26
800	975	880	920	24	M27	30
900	1075	980	1020	24	M27	30
1000	1175	1080	1120	28	M27	30
1200	1375	1280	1320	32	M27	30
1400	1575	1480	1520	36	M27	30
1600	1790	1690	1730	40	M27	30
1800	1990	1890	1930	44	M27	30
2000	2190	2090	2130	48	M27	30
2200	2405	2295	2340	52	M30	33
2400	2605	2495	2540	56	M30	33
2600	2805	2695	2740	60	M30	33
2800	3030	2910	2960	64	M33	36
3000	3230	3110	3160	68	M33	36
3200	3430	3310	3360	72	M33	36
3400	3630	3510	3560	76	M33	36
3600	3840	3720	3770	80	M33	36
3800	4045	3920	3970	80	M36	39
4000	4245	4120	4170	84	M36	39

DIN 2501

6 атм

Номинальный Ø	ØD	Ød4	Øk	n	w	Ød
6	65	25	40	4	M10	11
8	70	30	45	4	M10	11
10	75	35	50	4	M10	11
15	80	40	55	4	M10	11
20	90	50	65	4	M10	11
25	100	60	75	4	M10	11
32	120	70	90	4	M12	14
40	130	80	100	4	M12	14
50	140	90	110	4	M12	14
65	160	110	130	4	M12	14
80	190	128	150	4	M16	18
100	210	148	170	4	M16	18
125	140	178	200	8	M16	18
150	165	202	225	8	M16	18
20	320	258	280	8	M16	18
250	375	312	335	12	M16	18
300	440	365	395	12	M20	22
350	490	415	445	12	M20	22
400	540	465	495	16	M20	22
450	595	520	550	16	M20	22

DIN 2501

10 атм

Номинальный Ø	ØD	Ød4	Øk	n	w	Ød
6	75	32	50	4	M10	11
8	80	38	55	4	M10	11
10	90	40	60	4	M12	14
15	95	45	65	4	M12	14
20	105	58	75	4	M12	14
25	115	68	85	4	M12	14
32	140	78	100	4	M16	18
40	150	88	110	4	M16	18
50	165	102	125	4	M16	18
65	185	122	145	4	M16	18
80	200	138	160	8	M16	18
100	220	158	180	8	M16	18
125	250	188	210	8	M16	18
150	285	212	240	8	M20	22
175	315	242	270	8	M20	22
200	340	268	295	8	M20	22
250	395	320	350	12	M20	22
300	445	370	400	12	M20	22
350	505	430	460	16	M20	22

Все размеры даны в мм

Номинальный Ø	ØD	Ød4	Øk	n	w	Ød
500	645	570	600	20	M20	22
600	755	670	705	20	M24	26
700	860	775	810	24	M24	26
800	975	880	920	24	M27	30
900	1075	980	1020	24	M27	30
1000	1175	1080	1120	28	M27	30
1200	1405	1295	1340	32	M30	33
1400	1630	1510	1560	36	M33	36
1600	1830	1710	1760	40	M33	36
1800	2045	1920	1970	44	M36	39
2000	2265	2115	2180	48	M39	42
2200	2475	2335	2390	52	M39	42
2400	2685	2545	2600	56	M39	42
2600	2905	2750	2810	60	M45	48
2800	3115	2960	3020	64	M45	48
3000	3315	3160	3220	68	M45	48
3200	3525	3370	3430	72	M45	48
3400	3725	3580	3640	76	M45	48
3600	3970	3790	3860	80	M52	56

Все размеры даны в мм

Номинальный Ø	ØD	Ød4	Øk	n	w	Ød
400	565	482	515	16	M24	26
450	615	532	585	20	M24	26
500	675	585	620	20	M24	26
600	780	685	725	20	M27	30
700	895	800	840	24	M27	30
800	1015	905	950	24	M30	33
900	1115	1005	1050	28	M30	33
1000	1230	1110	1160	28	M33	36
1200	1455	1330	1380	32	M36	39
1400	1675	1535	1590	36	M39	42
1600	1915	1760	1820	40	M45	48
1800	2115	1960	2020	44	M45	48
2000	2325	2170	2230	42	M45	48
2200	2550	2370	2440	52	M52	56
2400	2760	2570	2650	56	M52	56
2600	2960	2780	2850	60	M52	56
2800	3180	3000	3070	64	M52	56
3000	3405	3210	3290	68	M56	62

DIN 2501

16 атм

Номинальный Ø	ØD	Ød4	Øk	n	w	Ød
6	75	32	50	4	M10	11
8	80	38	55	4	M10	11
10	90	40	60	4	M12	14
15	95	45	65	4	M12	14
20	105	58	75	4	M12	14
25	115	68	85	4	M12	14
32	140	78	100	4	M16	18
40	150	88	110	4	M16	18
50	165	102	125	4	M16	18
65	185	122	145	4	M16	18
80	200	138	160	8	M16	18
100	220	158	180	8	M16	18
125	250	188	210	8	M16	18
150	285	212	240	8	M20	22
175	315	242	270	8	M20	22
200	340	268	295	12	M20	22
250	405	320	355	12	M24	26

DIN 2501

25 атм

Номинальный Ø	ØD	Ød4	Øk	n	w	Ød
6	75	32	50	4	M10	11
8	80	38	55	4	M10	11
10	90	40	60	4	M12	14
15	95	45	65	4	M12	14
20	105	58	75	4	M12	14
25	115	68	85	4	M12	14
32	140	78	100	4	M16	18
40	150	88	110	4	M16	18
50	165	102	125	4	M16	18
65	185	122	145	8	M16	18
80	200	138	160	8	M16	18
100	235	162	190	8	M20	22
125	270	188	220	8	M24	26
150	300	218	250	8	M24	26
175	330	248	280	12	M24	26
200	360	278	310	12	M24	26

Все размеры даны в мм

Номинальный Ø	ØD	Ød4	Øk	n	w	Ød
300	460	378	410	12	M24	26
350	520	438	470	16	M24	26
400	580	490	525	16	M27	30
450	640	550	585	20	M27	30
500	715	610	650	20	M30	33
600	840	725	770	20	M33	36
700	910	795	840	24	M33	36
800	1025	900	950	24	M36	39
900	1125	1000	1050	28	M36	39
1000	1255	1115	1170	28	M39	42
1200	1485	1330	1390	32	M45	48
1400	1685	1530	1590	36	M56	48
1600	1930	1750	1820	40	M52	56
1800	2130	1950	2020	44	M52	56
2000	2345	2150	2230	48	M56	62
2200	2555	2360	2440	52	M56	62

Все размеры даны в мм

Номинальный Ø	ØD	Ød4	Øk	n	w	Ød
250	425	335	370	12	M27	30
300	485	395	430	16	M27	30
350	555	450	490	16	M30	33
400	620	505	550	16	M33	36
500	730	615	660	20	M33	36
600	845	720	770	20	M36	39
700	960	820	875	24	M39	42
800	1085	930	990	24	M45	48
900	1185	1030	1090	28	M45	48
1000	1320	1140	1210	28	M52	56
1200	1530	1350	1420	32	M52	56
1400	1755	1560	1640	36	M56	62
1600	1975	1780	1860	40	M56	62
1800	2195	1985	2070	44	M64	70
2000	2425	2210	2300	48	M64	70

DIN 2501

40 атм

Номинальный Ø	ØD	Ød4	Øk	n	w	Ød
6	75	32	50	4	M10	11
8	80	38	55	4	M10	11
10	90	40	60	4	M12	14
15	95	45	65	4	M12	14
20	105	58	75	4	M12	14
25	115	68	85	4	M12	14
32	140	78	100	4	M16	18
40	150	88	110	4	M16	18
50	165	102	125	4	M16	18
65	185	122	145	8	M16	18
80	200	138	160	8	M16	18
100	235	162	190	8	M20	22
125	270	188	220	8	M24	26
150	300	218	250	8	M24	26
175	350	248	295	12	M27	30

Все размеры даны в мм

Номинальный Ø	ØD	Ød4	Øk	n	w	Ød
200	375	285	320	12	M27	30
250	450	345	385	12	M30	33
300	515	410	450	16	M30	33
350	580	465	510	16	M33	36
400	660	535	585	16	M36	39
450	685	560	610	20	M36	39
500	755	615	670	20	M39	42
600	890	735	795	20	M45	48
700	995	740	900	24	M45	48
800	1140	960	1030	24	M52	56
900	1250	1070	1140	28	M52	56
1000	1360	1180	1250	28	M52	56
1200	1575	1380	1460	32	M56	62
1400	1795	1600	1680	36	M56	62
1600	2025	1815	1900	40	M64	70

ЗАМЕТКИ

DIN 2501

64 атм

Номинальный Ø	ØD	Ød4	Øk	n	w	Ød
6						
8						
10	100	40	70	4	M12	14
15	105	45	75	4	M12	14
20						
25	140	68	100	4	M16	18
32						
40	170	88	125	4	M20	22
50	180	102	135	4	M20	22
65	205	122	160	8	M20	22
80	215	138	170	8	M20	22
100	250	162	200	8	M24	26
125	295	188	240	8	M27	30
150	345	218	280	8	M30	33

Все размеры даны в мм

Номинальный Ø	ØD	Ød4	Øk	n	w	Ød
175	375	260	310	12	M30	33
200	415	285	345	12	M33	36
250	170	345	400	12	M33	36
300	530	410	460	16	M33	36
350	600	465	525	16	M36	39
400	670	535	585	16	M39	42
500	800	615	705	20	M45	48
600	930	735	820	20	M52	56
700	1045	840	935	24	M52	56
800	1165	960	1050	24	M56	62
900	1285	1070	1170	28	M56	62
1000	1415	1180	1290	28	M64	70
1200	1665	1380	1530	32	M72	78



ЗАМЕТКИ

