Содержание

		Page
1.0	**Общая информация**	**174**
1.1	Область применения	174
2.0	**Материалы**	**175**
2.1	Компенсаторы из мягких материалов Kempchen и их конструкция	175
2.2	Компоненты защиты компенсаторов	179
2.3	Соединения компенсаторов	181
3.0	**Модели компенсаторов, замечания по компенсаторам для установок десульфуризации дымовых газов и уплотнениям футеровки дымовых труб**	**185**
3.1	Обзорная таблица	185
3.2	Пояснения к обзорной таблице	187
3.3	Специальные типы	187
3.4	Рекомендации по выбору типов и размеров компенсаторов из мягких материалов	188
4.0	**Варианты соединений**	**190**
4.1	Конструкция фланцевых соединений	190
4.2	Конструкция компенсаторов для шланговых соединений	190
4.3	Конструкция шарнирно-решетчатых опор	191
5.0	**Тепловые расчеты**	**192**
6.0	**Герметизация компенсаторов из мягких материалов и проверка на непроницаемость**	**194**
7.0	**Инструкции по сборке и ремонту**	**196**
7.1	Общие инструкции по замыканию стыков компенсаторов на месте сборки	196
7.2	Особые инструкции по замыканию и ремонту стыков компенсаторов типов 110 или 120	197
7.3	Ремонт компенсатора путем разрезания и повторного соединения, если сборка в неразрывном виде невозможна	198
7.4	Ремонт механических повреждений или прогоревших отверстий	198
7.5	Помощь в экстренных ситуациях	198
8.0	**Инструкции по хранению, установке и сборке**	**198**
8.1	Хранение	198
8.2	Установка	199
8.3	Сборка	199
8.4	Замечания по болтовой сборке закрытых компенсаторов	199
9.0	**Компенсаторы из эластомера, резины и металла**	**200**
Общие замечания по хранению, установке и сборке компенсаторов из мягких материалов		**203**

1.0 Общая информация

Несколько десятилетий назад, когда компания Kempchen только начала производство компенсаторов из мягких материалов, металлические компенсаторы по-прежнему занимали доминирующие позиции на энергетических станциях и в химической промышленности.

Сегодня компенсаторы из мягких материалов производства Kempchen нашли обширные области применения. Без этих универсальных сборочных узлов было бы невозможно строительство современных промышленных объектов. Без применения компенсаторов из мягких материалов стоимость строительства таких объектов, несомненно, была бы гораздо выше.

Главным достоинством компенсаторов из мягких материалов является их способность воспринимать смещения в различных направлениях, при этом демонстрируя весьма низкое реактивное усилие. Их превосходная способность воспринимать смещения позволяет создавать экономически эффективные трубопроводы, а их малые реактивные усилия обеспечивают создание экономически эффективных фиксирующих конструкций.

Компания Kempchen разработала патентованную технологию спекания листового фторопласта со всеми типами тканей. Это дало возможность значительно улучшить свойства компенсаторов из мягких материалов.



Компенсатор Kempchen, установленный на распределительной магистрали отходящих газов

1.1 Область применения

Компенсаторы из мягких материалов:

- применяются для установки в составе трубопроводов и магистралей газовых сред, как то воздуха, отходящих газов, и выхлопных газов
- способны противостоять температурам до 700 °C и выше и повышенным давлениям до 500 мбар;
- способны компенсировать значительные осевые перемещения, часто в сочетании с поперечными или угловыми нагрузками;
- могут применяться во всех областях промышленности, как то теплоэнергетика, газотурбинные установки, химическая промышленность, установки десульфуризации дымовых газов, конструкции дымовых и вытяжных труб, конструкции судов, стационарные дизель-генераторые устаровки, мусоросжигательные фабрики, установки переработки исходящих газов, пылеподавляющие установки, металлургическая промышленность.

Для изготовления компенсаторов из мягких материалов и их компонентов применяются только материалы, прошедшие тщательный контроль качества. Требования к применяемым материалам основываются на нашем многолетнем опыте и служат в качестве критериев при закупке и входном контроле товаров.

RAL GÜTEZEICHEN
Weichstoff-Kompensator

Марка качества для тканевых компенсаторов

Компания Kempchen делает различия между группами компонентов, используемых при сборке компенсаторов из мягких материалов и/или необходимых металлоконструкций.

Компенсаторы из мягких материалов:

Изолирующие слои, изолирующие пакеты, герметизирующие пленки, герметизирующие слои, поддерживающие слои, защитные слои, усиленные кромки

Компоненты защиты компенсаторов:

Внутренний пропускной патрубок, предварительная изоляция, внешняя защитная сетка или аналогичная защита, выпускной патрубок, подвижная рама

Соединения компенсатора:

Болтовые контрфланцы, крепежные фланцы, ленточные хомуты.

2.0 Материалы

2.1 Компенсаторы Kempchen из мягких материалов и их конструкция

Компенсаторы из мягких материалов обычно состоят из нескольких слоев. В большинстве случаев эти слои не склеиваются и не сшиваются вместе. Однако в зоне крепления отдельные слои компенсатора из мягких материалов всегда связаны из соображений сохранности при транспортировке.

Как более детально описано в разделе 6.0, “Герметизация компенсаторов из мягких материалов и проверка на непроницаемость“, у многослойных конструкций, например тех, которые предназначены для работы в условиях высоких температур, гораздо труднее достичь герметичности, чем у компенсаторов из мягких материалов, состоящих из одного-двух слоев.

Если непроницаемость конструкции особенно важна, ее можно достичь при использовании специальных рассеивающих тепло конструкций компенсаторов из мягких материалов Kempchen, состоящих из одного-двух слоев.

2.1.1 Изолирующие слои, изолирующие пакеты

Изолирующие слои необходимы, если температура среды выше максимально допустимой установившейся температуры герметизирующих слоев. Различные типы изолирующих слоев сильно различаются по механической прочности и сопротивляемости температурам и химическим воздействиям. Поэтому они выбираются в соответствии с условиями применения.

Изолирующие фетры используются в качестве изолирующих пакетов. Поскольку они имеют низкую прочность, они заворачиваются в более прочную, более термостойкую ткань или покрываются сеткой из высокосортной стали. В случае значительных перемещений устанавливаются как минимум два таких изолирующих пакета, чтобы они могли перемещаться относительно герметизирующего слоя.

2.1.2. Герметизирующие пленки и слои

В зависимости от диапазона температур применяются разные типы синтетической резины, металлической фольги и пластиков, либо по отдельности, либо для покрытия ткани.

Герметизирующие слои имеют важнейшее значение, поскольку компенсаторы из мягких материалов всегда являются частью герметичной системы трубопроводов или газоходов.

Три фактора имеют особое значение:

2.1.2.1

Дифференциальное давление, действующее на герметизирующий слой, которое вызывает напряжения. По этой причине поддерживающие слои располагаются в направлении снижения давления за герметизирующими слоями для поддержки: они располагаются снаружи от внутреннего давления и внутри перед герметизирующими слоями для низкого давления.

2.1.2.2

Поскольку перед герметизирующими слоями может происходить накопление конденсата, следует принимать во внимание [химическую] сопротивляемость изоляции и любых изолирующих слоев ткани.

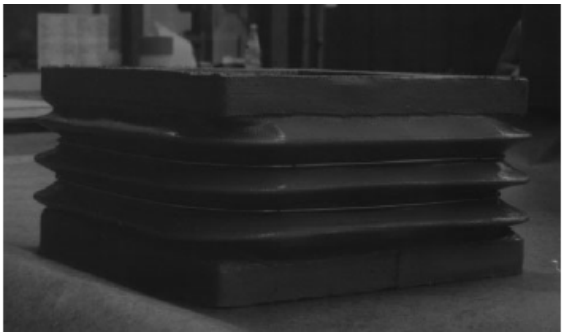
2.1.1.1 Устойчивость к воздействию температуры и среды

Условия применения	Допустимая установившаяся температура		Кратковременная пиковая температура		Кислото-стойкость	Стойкость к основаниям	Стойкость к растворителям
Ткань и войлок	°C	°F	°C	°F			
Aramid	180	356	250	482	0	0	+
Стекловолоконная ткань	400	752	450	842	+	0	+
Стекловолоконный войлок	500	932	650	1202	+	0	+
Войлок из минеральной ваты	700	1292	750	1382	0	0	+
Войлок из силикатных волокон	1200	2192	1350	2462	+	0	+
Ткань из силикатных волокон	1200	2192	1350	2462	+	0	+

(+) = да (**o**) = условная (**-**) = нет

2.1.2.3

Важно отметить, что резины, пластиковые пленки и ламинированные ткани не являются абсолютно газонепроницаемыми. Только металлическая фольга может быть использована в качестве барьера для газа. Одним из недостатков металлической фольги является ее относительно высокая чувствительность, например, к конденсату отходящих газов; другим недостатком является низкая эластичность.



Прямоугольный гофрированный компенсатор

2.1.2.4 Устойчивость к воздействию температуры и среды

В таблице показана сопротивляемость установившимся и пиковым температурам для различных типов пленок и материалов с покрытием, используемым в компенсаторах из мягких материалов. Сопротивляемость воздействию кислот, оснований и растворителей здесь дается только с точки зрения тенденций.

В случае, когда тепловая нагрузка выше, чем сопротивляемость установившейся температуре, указанной в Таблице 2.1.2.4, следует предусмотреть меры по изменению конструкции и схемы изоляции (см. 2.2.).

2.1.2.5

Герметизирующие слои в зоне крепления компенсаторов должны быть плотно прижаты болтами к крепежным фланцам. Для обеспечения этого условия мы рекомендуем всегда поддерживать поверхностное давление 5 Н/мм2 между тканью и стальным фланцем.

Этого легко достичь при температурах до и включая указанную сопротивляемость установившейся температуре герметизирующих слоев.

Однако если температура фланцев выше сопротивляемости установившейся температуре в зоне герметизирующего слоя, пористость изолирующих слоев сделает герметизацию соединения более затруднительной.

Существует три пути для решения этой проблемы:

а) Пропитайте изолирующие слои в зоне фланцев соответствующим герметизирующим составом, чтобы создать внутреннюю непроницаемость. Некоторое снижение изолирующего эффекта при этом будет скомпенсировано соответствующим увеличением толщины. При более высоких температурах некоторое приемлемое повышение проницаемости неизбежно, как после сборки, так и после длительного времени работы.

		См. ниже	Допустимая установившаяся температура		Кратковременная пиковая температура		Кислото-стойкость	Стойкость к основаниям	Стойкость к растворителям
Фольга			°C	°F	°C	°F			
Тефлон			**260**	500	**280**	536	+	+	+
Алюминий			**500**	932	**550**	1022	-	-	+
Высокосортная сталь			**600**	1112	**850**	1562	+	+	+
Ткань с покрытием									
ПВХ	**Полиэфирное**	*	**60**	140	**65**	149	+	+	-
СКЭП	**Стекловолокно**		**100**	212	**120**	248	+	+	**0**
Силикон	**Стекловолокно**		**220**	428	**230**	446	-	-	**0**
Фтор-каучук	**Стекловолокно**	*	**205**	401	**250**	482	+	+	**0**
Тефлон (1)	**Стекловолокно**	*	**260**	500	**290**	554	+	+	-
Однослойный композитный материал									
СКЭП с	1,4539 (3)	*	**100**	212	**130**	266	+	+	-
Фтор-каучук с	1,4539 (3)	*	**180**	401	**>250** (2)	>572 (2)	+	+	**0**

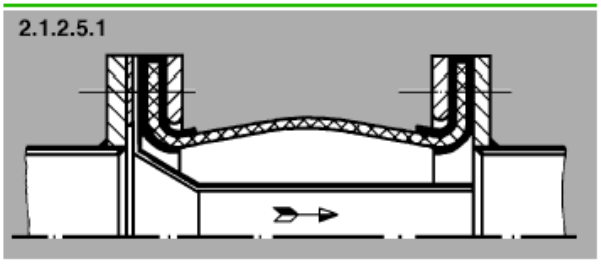
(1) спеченное покрытие
(2) временная пиковая температура
® зарегистрированная торговая марка
DuPont (+) = да, (o) = условно (-) = нет (просим обратитьсы в компанию Kempchen относительно свойств изоляции
(3) также имеется вариант с покрытием из стекловолокна
* для установок десульфуризации и очистки дымовых газов и мусоросжигательных заводов

b) Другой вариант предусматривает складывание внешнего защитного слоя и его герметизация на фланце, либо оборачивание еще одного защитного слоя ткани, например, пропитанного силиконовой резиной, вокруг всего фланца компенсатора, как показано на Рис. 2.1.2.5.1. Таким образом можно получить надежную воздухонепроницаемую конструкцию.

Тем не менее, после длительной эксплуатации этот способ может дать даже большую проницаемость, чем при методе a), описанном выше.

c) Еще одним решением является конструкция в соответствии с пунктом 3.4.6.

2.1.2.5.1



2.1.2.6 Пульсации

На высокочастотные пульсации давления, которые могут возникать в выхлопных системах, следует обратить самое пристальное внимание. Зазоры в зоне установки компенсатора должны быть настолько малыми, насколько возможно, и здесь должны быть установлены достаточные изолирующие устройства, чтобы предотвратить колебания ткани.

2.1.2.7 Вибрации

Вибрации опасны для стеклоткани и кварцевой ткани (а также для остальных видов ткани). По этой причине компенсаторы, испытывающие вибрации, например, должны включать герметизирующие слои, сделанные из резиновой или пластиковой пленки, предпочтительно без ткани, если это возможно, либо из материалов типа полиэфирной ткани, номекса или кевлара, которые являются более упругими.

2.1.3 Поддерживающие слои

Характерными особенностями поддерживающих слоев являются их пониженная упругость и повышенная прочность по сравнению с герметизирующими слоями. Можно допустить следующие понижающие коэффициенты, если используются несколько поддерживающих слоев одинаковой растяжимости одновременно:

- 2 слоя: k = 0,8
- 3 слоя: k = 0,7
- 4 слоя: k = 0,6

Как правило, рабочая температура должна быть ниже сопротивляемости установившейся температуре. Если ожидаются пиковые временные значения температуры, просим обратиться к нашим инженерам-консультантам относительно продолжительности таких пиков и их потенциальном влиянии на прочность и температурное сопротивление.

Поддерживающие слои всегда располагаются ниже герметизирующих слоев в направлении снижения давления. Выбор необходимых поддерживающих слоев в отношении устойчивости к температуре и прочности в большой степени зависит от правильной предварительной изоляции, снижения давления и допустимого сопротивления установившейся температуре герметизирующих пленок.

Следует избегать применения поддерживающих слоев разной упругости, при этом следует ориентироваться на упругость наименее эластичного слоя.

Компания Kempchen использует следующие поддерживающие слои для разных температур и условий эксплуатации:

	Допустимая установившаяся температура		Кратковременная пиковая температура	
Поддерживающий слой, например:	**°C**	°F	**°C**	°F
Полиэфирная ткань	**150**	302	**160**	320
Ткань Aramid	**180**	356	**250**	482
Стекловолокно	**400**	752	**450**	842
Сетка из высокосортной стали	**600**	1112	**850**	1562
Силикатная ткань	**1200**	2192	**1350**	2462

2.1.4 Защитные слои, усиленные кромки

2.1.4.1 Защитные слои

Внешний слой компенсатора из мягких материалов предназначен для защиты от влияния окружающих воздействий, как то солнце, дождь, пыль, промышленная атмосфера, песчаные бури и т.п. Чтобы обеспечить достаточную защиту, внешний слой должен быть достаточно прочным механически.

Защитные слои изготавливаются из ткани, ламинированной такими материалами как неопрен/гипалон, витон, силикон и тефлон. Такие материалы признаны удовлетворяющими необходимым требованиям.

Важно, чтобы термостойкие защитные слои, выполненные из стеклоткани, спеченной с тефлоновой пленкой, допускали температуру поверхности до 260 °C. Герметизирующий слой, который иногда тоже может быть выполнен из тефлона, может достигать температур выше точки росы; таким образом можно снизить или предотвратить образование конденсата.

2.1.4.2 Внутренние уплотнения фланцев

Правильная подготовка при установке фланцевых уплотнений грает крайне важную роль для общей идеи использования компенсаторов из мягких материалов.

Фланцевое уплотнение на нагревающейся внутренней поверхности служит следующим целям:

a) обеспечивает изоляцию, требуемую для других слоев, в особенности, для герметизирующего слоя, и

b) обеспечивает работу уплотнения в зоне фланца. Это приводит к некоторому «конфликту интересов»: с одной стороны, уплотнение фланца должно быть пористым, чтобы сохранять тепло внутри фланца; с другой стороны, однако, уплотнение должно быть непроницаемым. Компания Kempchen использует следующие материалы для уплотнения фланцев в зависимости от температурного диапазона и требований к герметичности:

Материалы для усиления кромок	**Допустимая установившаяся температура (приблизительно)**	
	°C	°F
Полосы ткани с нитями Aramid	**180**	350
Тефлоновый эластомер	**200**	400
Полосы тефлона	**260**	500
Полосы стеклоткани без пропитки	**450**	850
Полосы стеклоткани с пропиткой	**450**	850
Полосы кварцевой ткани без пропитки	**1000**	1800
Полосы кварцевой ткани с пропиткой	**1000**	1800

В качестве дополнительных деталей для герметизации зоны фланцев компания Kempchen разработала фланцевое заграждение из спеченного тефлона (DBP).

2.1.4.3 Усиление внешней кромки

Используются те же материал, что описаны выше. Важно помнить, что усиление внешней кромки компенсаторов расширяющейся формы должно быть достаточно широким, чтобы предотвратить контакт между внешним защитным слоем и противофланцем, который часто имеет высокую температуру, и болтовым соединением.

2.1.5 Материалы для установок десульфуризации дымовых газов

В зависимости от условий применения, мы рекомендуем использовать на установках десульфуризации дымовых газов наши компенсаторы ReaFlex и ReaTex, см. стр. 213.

2.2 Компоненты защиты компенсаторов

2.2.1 Внутренний пропускной патрубок

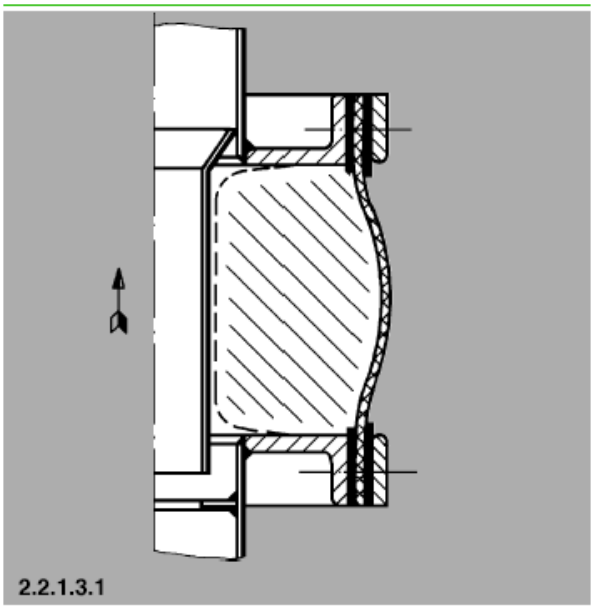
Для защиты тканевых компенсаторов всегда следует использовать пропускные патрубки.

Пропускные патрубки предотвращают истирание запыленным газовым потоком, защищая тканевый компенсатор от повреждений.

При незапыленных газовых потоках использование пропускного патрубка снижает потери давления, что обеспечивает более благоприятные условия для прохождения потока. Температура компенсатора также снижается за счет использования пропускного патрубка. Пространство между пропускным патрубком и компенсатором можно использовать для заполнения теплопоглощающим материалом, см. 2.2.3.

В горизонтальных газоходах пропускной патрубок всегда следует устанавливать в направлении потока. В вертикальных или наклонных газоходах может быть предпочтительно устанавливать пропускной патрубок против направления потока, чтобы предотвратить заполнение пространства между компенсатором и пропускным патрубком пылью или конденсатом и т.п.

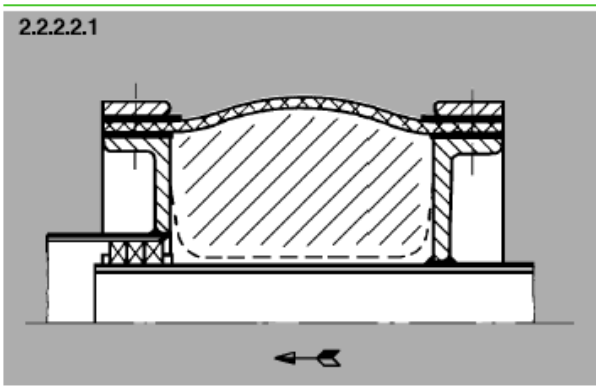
Когда пропускной патрубок устанавливается против направления потока, пластина патрубка должна быть установлена на небольшом расстоянии от открытого конца пропускного патрубка, см. 2.2.1.3.1 ниже.



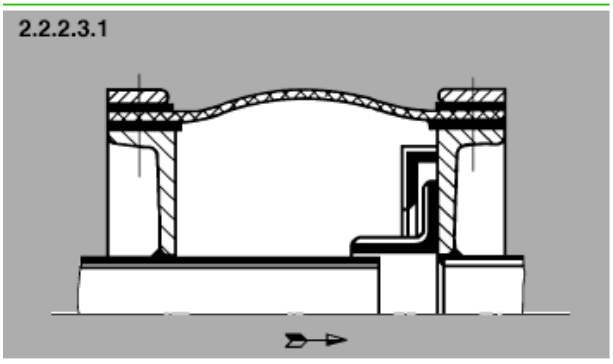
2.2.2 Защитные устройства и конструктивные меры в случаях высокой запыленности

Компания Kempchen, как правило, рекомендует использование пропускных патрубков. Однако в некоторых случаях может оказаться выгодным отказаться от использования пропускного патрубка. Одно из таких обстоятельств – наличие большого количества пыли, которая может накапливаться в результате влажности и/или перепада температур. Когда компенсатор должен будет выполнить перемещение в осевом или поперечном направлении, компенсатор может быть разрушен из-за наличия пропускного патрубка и скопления пыли. В этом случае лучше избежать установки пропускного патрубка, чтобы накопившаяся пыль или грязь могла быть освобождена за счет перемещения самого узла компенсатора.

Для случая сухой пыли, например, на цементном заводе, металлургическом заводе или в известковой промышленности, в случае преимущественно осевых перемещений используется сальниковое уплотнение из жесткого шнура, как показано на рис. 2.2.2.2.1.



Конструкция с подвижной рамкой, показанная на рис. 2.2.2.3.1, является пригодной для компенсации как осевых, так и поперечных перемещений. Подвижная рамка должна устанавливаться с наименьшим возможным зазором между фланцем газохода и пропускным патрубком, чтобы она могла перемещаться как в осевом, так и в поперечном направлении.



Хотя уплотнение с использованием подвижной рамки не является пыленепроницаемым, оно будет служить в качестве хорошего барьера, предотвращающего быстрое поступление пыли в пространство между пропускным патрубком и компенсатором. Может потребоваться периодически частично разбирать компенсатор для удаления накопившейся пыли.

2.2.3 Предварительная изоляция

При наличии высоких температур может потребоваться, чтобы пространство между компенсатором и пропускным патрубком было заполнено предварительной изоляцией при условии, что для этого имеется место. В случае необходимости компенсации значительных перемещений в качестве предварительной изоляции можно использовать войлок из минерального или кварцевого волокна, обернутый в сетку из высокосортной стали.

Несколько таких изолирующих пакетов можно разместить без фиксации в свободном пространстве, чтобы снизить теплопередачу излучением и частично предотвратить теплопередачу конвекцией.

П-образные сложенные изоляционные маты пригодны в случае компенсации небольших перемещений.

2.2.3.1

Правильная конструкция предварительной изоляции (включая конструкцию с параллельной камерой, см. 3.4.6) особенно важна при высоких температурах.

Другим достоинством упомянутой конструкции с параллельной камерой является то, что фактический зазор между секциями трубопровода лишь немного больше, чем требуется для компенсации осевого перемещения. В рабочем состоянии этот зазор перекрывается за исключением небольшого предохранительного промежутка. Предварительная изоляция, размещенная в пространстве, образованном сдвинутыми соединительными фланцами компенсатора, может быть правильно направлена и может поглощать относительно большие перемещения. Газовые потоки, несущие большое количество пыли, требуют предварительной изоляции не столько по теплотехническим соображениям, сколько для предотвращения (или снижения) проникновения пыли за счет заполнения пространства между компенсатором и пропускным патрубком. В случае очень сильной запыленности может потребоваться установка соответствующего предварительного компенсатора.

2.2.4 Внешняя защитная решетка, внешняя изоляция

Пользователю может понадобиться установить защитную решетку или навес для защиты компенсатора из мягких материалов от механических повреждений при падении предметов с высоты, особенно в процессе монтажа, или от дождя, снега, песчаных бурь и иных погодных воздействий.

При установке таких защитных устройств, что часто делается задним числом, наряду с защитным эффектом следует принимать во внимание потенциальные воздействия на изоляцию. Защитные экраны, выполненные, например, из алюминия, могут изменить радиационный теплообмен между поверхностью компенсатора и окружающей средой, что необходимо принимать во внимание. Даже если для обеспечения достаточной конвекции устанавливаются дистанционные устройства, может возникнуть недопустимый перегрев поверхности компенсатора.

То же самое относится к защитным решеткам или противодождевым колпакам, в особенности при их плотной установке, что мешает необходимому текущему охлаждению поверхностей компенсатора.

Компенсаторы из мягких материалов могут быть изолированы снаружи лишь в случае, когда температура среды приблизительно соответствует максимально допустимой температуре герметизирующих слоев. Для компенсаторов с герметизирующими слоями из силиконовой резины или ткани с силиконовым покрытием такая предельная температура составит 150°C или 200°C (см. 2.1.2.4). Для компенсаторов с герметизирующими слоями из тефлона или стеклоткани, например, предельная температура составит 260°C (см. 2.1.2.4).

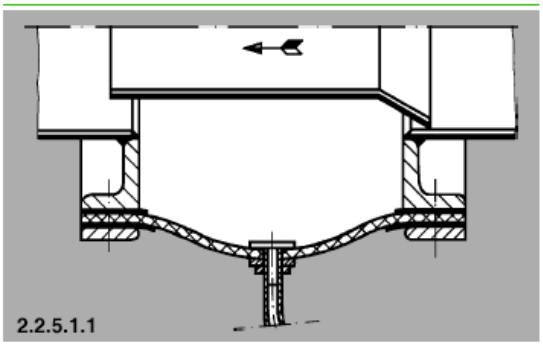
В случае, когда температура среды превосходит эти значения, компенсаторы из мягких материалов нельзя изолировать снаружи, окрашивать и т.п.

2.2.5 Защитные устройства и конструкционные решения при наличии высокой конденсации (для установок десульфуризации)

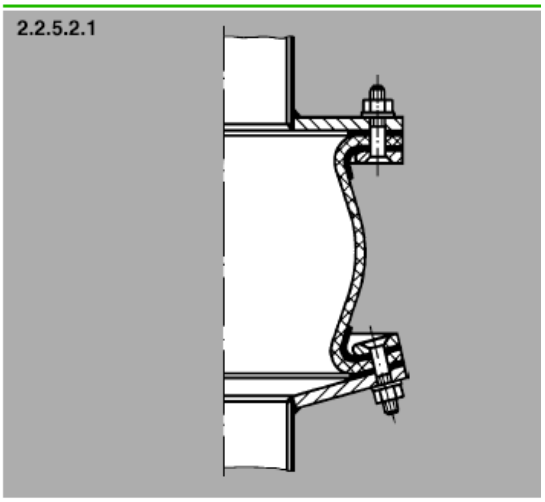
На установках десульфуризации дымовых газов (и на иных установках во всех отраслях промышленности) могут образовываться существенные объемы конденсата, что требует принятия специальных мер. В горизонтальных системах газоходов жидкость может собираться внутри компенсатора в нижней части и стекать в зону фланцев. Чтобы избежать такой нежелательной ситуации, компания Kempchen разработала специальные выпускные штуцеры из тефлона, как показано на рис. 2.2.5.1.1.

Используя пластиковые трубы, закрепляемые так, чтобы они не создавали напряжений, жидкость можно легко отвести в любом направлении.

В случае низкого давления просим обратиться к нам, чтобы совместно разработать конструкционные решения.



Чтобы избежать скопления жидкости в вертикальных газоходах, Kempchen рекомендует установить усиление нижней части газохода, которое одновременно работает как фланец компенсатора, с наклоном, как показано на рис. 2.2.5.2.1. Жидкость при этом можно направить в сторону от зоны крепления.



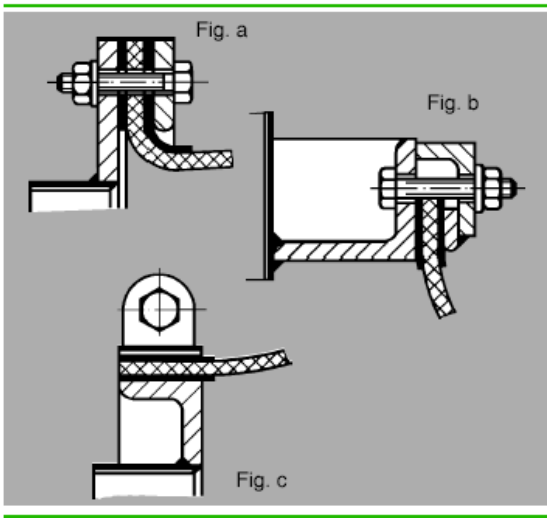
2.3 Конструкции соединений компенсаторов

Крепление компенсатора можно осуществить следующими способами:

1) с помощью сквозных болтов и прижимного противофланца, см. рис. a

2) без сквозных болтов, с помощью прижимной планки, см. рис. b

3) с помощью ленточных хомутов, см. рис. c



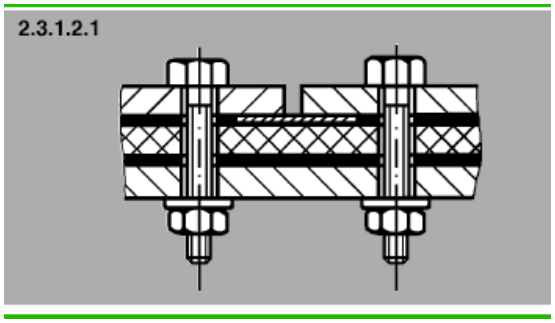
2.3.1 Болтовые противофланцы

С болтовыми фланцами обычно используются сквозные болты. Фланцы газохода и фланцы компенсатора имеют для этой цели сквозные болтовые отверстия. В случае повышенного давления и большой длины компенсатора, что может быть вызвано увеличенными значениями компенсации перемещений, применение болтовых фланцев является предпочтительным.

Одним из недостатков болтовых фланцев является возможная сложность герметизации зоны фланцев.

Дальнейшая информация по этой теме приведена в разделе 6.0.

Как показано на рис. 2.3.1.2.1, для рам противофланцев часто выбирается секционное исполнение. Зазоры перекрываются установленными под фланцами тонкими пластинами (толщиной 0,5 мм). Что же касается компенсаторов меньших размеров, то здесь часто применяются и неразрезные конструкции.



Важно отметить, что радиусы уменьшатся примерно на 25% из-за сжимаемости фланцев компенсатора из мягких материалов при затяжке болтов. При толщине фланца компенсатора из мягких материалов 16 мм и сжимаемости 25%, окружность четверти круга изменяется в соответствии с изменением радиуса:

$$\Delta U = \Delta r \cdot \frac{\pi}{2} = 6,28mm$$

Применительно к радиусу фланца, необходимо оставить длинные прорези в стальном крепежном фланце для установки компенсаторов из-за изменений толщины. Инженер-конструктор должен иметь это в виду при проектировании фланцев. Таким образом. Необходимо определить конструкцию компенсатора из мягких материалов и вместе с этим определить сжимаемость мягких материалов на фланцах компенсатора.

Если трубопровод имеет круглое сечение, достаточный люфт для установки болтов можно получить разделением целого фланца на нужное число секций.

Толщина болтового противофланца рассчитывается в соответствии со следующей таблицей, которая предполагает требуемое поверхностное давление 5 Н/мм2. Вторым критерием является допустимый изгиб противофланца, который рассматривается как многопролетная балка с распределенной нагрузкой. Для фланцев или противофланцев углового профиля (вместо базового прямоугольного профиля) можно выбрать меньшую толщину фланца, что соответствует большему моменту инерции.

Информация о требуемых моментах затяжки и определение толщины противофланцев

1) Компенсатор и армирование кромок выполнены из эластомеров (FKM, EPDM)

2) Тканевый компенсатор с армированием кромок эластомером FKM, EPDM

3) Тканевый компенсатор с армированием кромок тканью.

Иногда задается конструкцией, иногда выбирается. Избегайте размеров, указанных в скобках! Качество болтов = 5,6	Конструкция	Момент, необходимый для создания заданного прижимного усилия, Нм		Выбранный болт создает требуемое давление в диапазоне от l (мм) * b (мм) Усилие болта, кН*	Расстояние между болтами не должно быть слишком велико по двум причинам:		Типовые расстояния, которые были протестированы и признаны пригодными, и могут служить ориентиром		
		От	До		Чтобы обеспечить давление 5 Н/мм2 для ткани и 2 Н/мм2 для резины. Расстояние между болтами, мм	Чтобы деформация фланцев и сопутствующее снижение давления не были слишком велики. Расстояние между болтами, мм	Ширина фланца b, мм	Расстояние между болтами l, мм	Толщина фланца h, мм
M10	1 2 3	7 11 18	9 13 21	4,8 7,2 12,0	$l \le \frac{2370}{b}$	$l \le 3,7 \cdot h \cdot \sqrt[3]{b}$	30	80	8
M12	1 2 3	12 18 30	14 21 35	7,2 10,8 17,6	$l \le \frac{3460}{b}$	$l \le 3,3 \cdot h \cdot \sqrt[3]{b}$	40	90	10
(M 14)	1 2 3	19 29 48	22 34 56	9,6 14,4 24,0	$l \le \frac{4760}{b}$	$l \le 3,0 \cdot h \cdot \sqrt[3]{b}$	40	120	12
M 16	1 2 3	29 44 73	34 51 85	13,0 19,5 32,5	$l \le \frac{6540}{b}$	$l \le 2,7 \cdot h \cdot \sqrt[3]{b}$	50	130	15
(M 18)	1 2 3	40 60 100	48 72 120	16,0 24,0 40,0	$l \le \frac{7940}{b}$	$l \le 2,5 \cdot h \cdot \sqrt[3]{b}$	50	160	18
M20	1 2 3	56 84 140	66 99 165	21,0 31,5 51,5	$l \le \frac{10220}{b}$	$l \le 2,3 \cdot h \cdot \sqrt[3]{b}$	60	175	20
(M22)	1 2 3	74 111 185	88 132 220	25,2 37,8 63,0	$l \le \frac{12760}{b}$	$l \le 2,2 \cdot h \cdot \sqrt[3]{b}$	60	210	25
M24	1 2 3	96 144 240	114 172 285	28,8 43,2 72,0	$l \le \frac{14720}{b}$	$l \le 2,1 \cdot h \cdot \sqrt[3]{b}$	60	240	30

* Нижнее значение момента используется с хорошо смазанными болтами, верхнее – с плохо смазанными. Указанные моменты не следует превышать более чем на 50%.

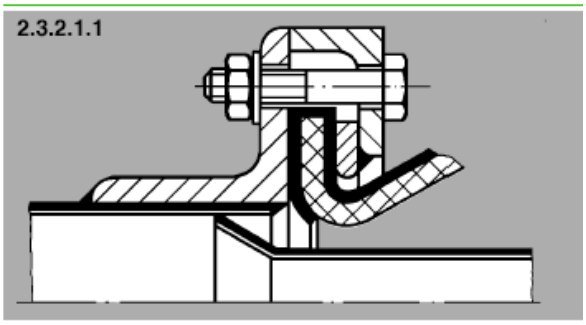
** Указанные усилия затяжки болтов основаны на ширине прилегающего фланца и расстоянии между болтами, а также на поверхностном давлении, требуемом для конкретного материала.

2.3.2 Крепежные фланцы

В некоторых областях применения, например, при наличии ядовитых или горючих газов, рекомендуется применять фланцы с прижимной планкой вместо болтовых фланцев со сквозными отверстиями для обеспечения более герметичного соединения. Смотри типовую конструкцию, показанную на рис. 2.3.2.1.1.

Однако такие специальные конструкции имеют преимущество только для газоходов квадратного сечения. В случае круглого сечения прижимные планки будет необходимо разрезать на отдельные участки для равномерного распределения прижимного усилия.

2.3.2.1.1

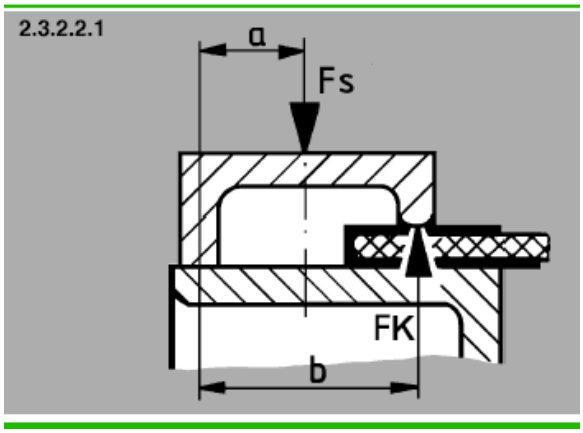


Хотя этот тип соединения имеет много преимуществ, включая возможности улучшения герметичности, его нельзя применять во всех случаях: поскольку прижим осуществляется по принципу рычага, здесь требуется усилие на болте более чем вдвое большее, чем для обычного сквозного болта, чтобы достичь требуемого поверхностного давления of 5 Н/мм2 на мягкий материал компенсатора.

Как показано на рис. 2.3.2.2.1, требуемое усилие на болте $a \cdot F_S = b \cdot F_K$ рассчитывается на основании следующей формулы:

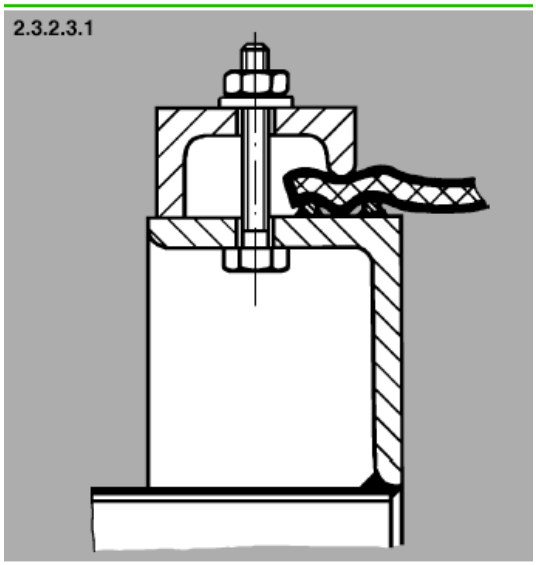
$$F_S = \frac{b}{a} \cdot F_K$$

2.3.2.2.1



Дополнительным недостатком этой конструкции является низкое усилие удержания на месте, несмотря на применение мер, увеличивающих это усилие, например, припайку круглых буртиков на поверхность фланцев, как показано на рис. 2.3.2.3.1.

2.3.2.3.1



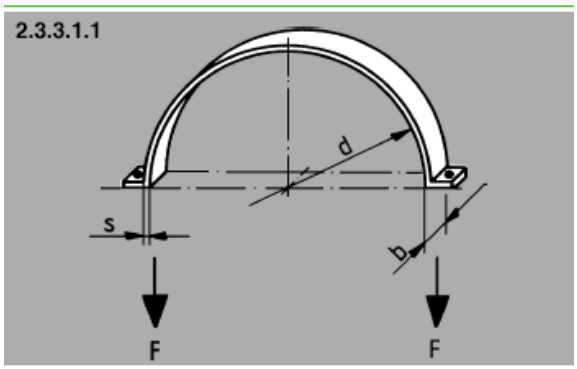
2.3.3 Ленточные хомуты

В отдельных случаях может оказаться выгодным применить для крепления круглого компенсатора ленточные хомуты типа 120 для шлангового соединения или типа 110 для углового соединения.

Ограничения к использованию диктуются двумя факторами:

Во-первых, любой крепежный хомут должен быть тонким, чтобы правильно функционировать, поскольку хомуты предназначены в основном для передачи напряжений растяжения, а не напряжений среза. Во-вторых, усилие крепления ограничивается прочностью материала ленточного хомута. При диаметре 800 мм получаемое поверхностное давление составляет менее 5 Н/мм2, или же требуется применение болтовых фланцев (см. рис. 2.3.3.1.1).

2.3.3.1.1



Обычный ленточный хомут толщиной s = 1,5 мм и допустимым сопротивлением 400 Н/мм2 дает максимальный диаметр всего 400 мм, если вы хотите достичь поверхностного давления 3 Н/мм2. При больших диаметрах и ленточных хомутах с меньшим сопротивлением, или при недостаточной затяжке болтов по отношению к сопротивлению ленточного хомута достигается поверхностное давление намного меньше 5 Н/мм2 и необходимая плотность соединения, таким образом, не может быть достигнута.

$$d \cdot b \cdot \sigma_D = 2F$$

$$b \cdot s \cdot \sigma_{zul} \geq F$$

$$d \leq \frac{2 \cdot b \cdot s \cdot \sigma_{zul}}{b \cdot \sigma_D} = 2 \cdot s \frac{\sigma_{zul}}{\sigma_D}$$

Пример:

Example: σ_{zul} = 400 N/mm²

s = 1,5 mm

d = 800 mm

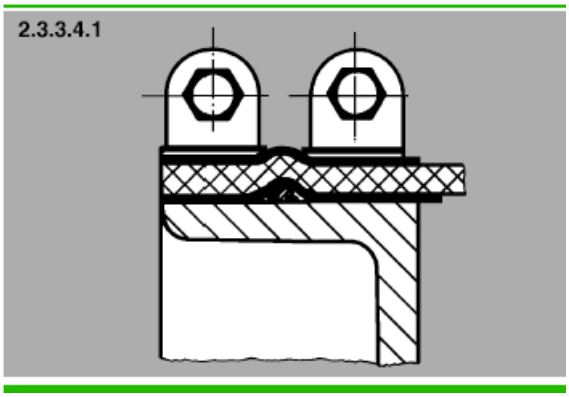
$$\sigma_D \leq \frac{2 \cdot 1{,}5 \cdot 400}{800} = 1{,}5 N / mm^2$$

Еще один недостаток ленточных хомутов: проблемы возникающие при установке на фланцах в условиях высоких температур. Поскольку фланцы компенсатора из мягких материалов плохо проводят тепло, может возникнуть значительная разница температур между ленточным хомутом и фланцем трубы. Это приведет либо к чрезмерному натяжению хомута, либо к недопустимому сжатию фланца компенсатора, что приведет к потере герметичности соединения после нескольких циклов изменения температуры.

Если в некоторых случаях имеются особые причины для применения ленточных хомутов вместо более надежных типов соединений, как то болтовых противофланцев, мы настойчиво рекомендуем использовать с хомутами стяжные болты с набором дисковых пружин соответствующего усилия.

При использовании ленточных хомутов следует также учитывать тот факт, что усилие обжатия стяжной муфты достигнет требуемого поверхностного давления лишь в непосредственной близости от хомута, и прочность соединения будет зависеть от окружной силы трения. По этой причине ленточные хомуты имеют максимальную длину 1000 – 1500 мм. В случае больших диаметров следует устанавливать последовательно два или более ленточных хомутов. В этих случаях стяжные муфты также должны быть перемещены в соответствии с числом хомутов.

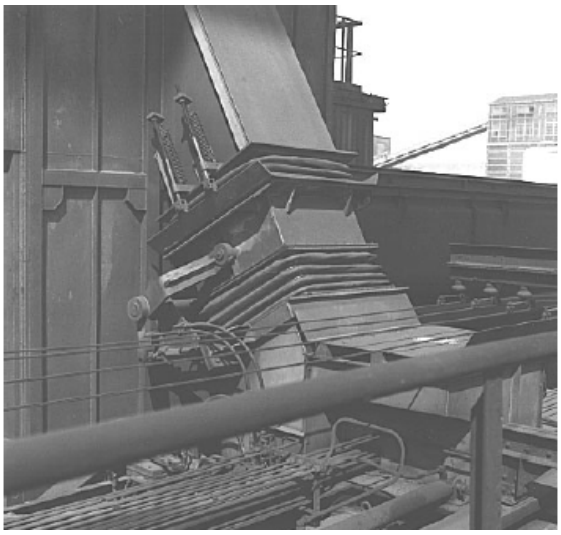
Из соображений безопасности может потребоваться установка двух узких ленточных хомутов (см. рис. 2.3.3.4.1) рядом на угловом фланце, чтобы в случае разрыва одного ленточного хомута, например, из-за коррозии, компенсатор удерживался на месте как минимум одним дополнительным хомутом.



В заключение можно заметить, что ленточные хомуты можно использовать лишь на относительно холодных трубопроводах (температура среды t < 200°C) относительно небольшого диаметра (диаметром до 1000 мм) и при относительно низком давлении (давление среды p ≤ 0,1 бар).

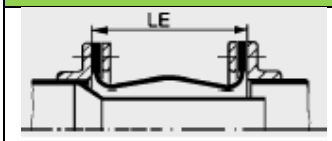
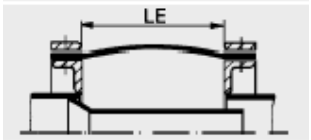
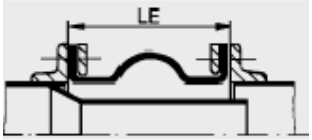
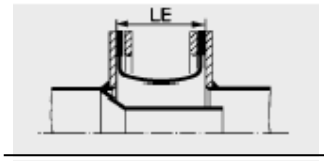
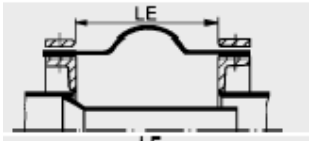
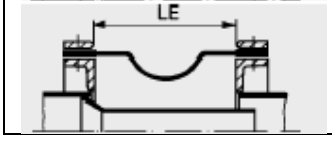
3.0 Модели компенсаторов

Благодаря универсальности применения и возможности компенсировать перемещения в разных плоскостях, компенсаторы из мягких материалов не классифицируются по способности компенсации в осевом, поперечном и угловом направлениях, как это имеет место в случае металлических или резиновых компенсаторов. Напротив, они классифицируются по степени способности компенсации перемещений и их типам соединений, как показано в таблице ниже.



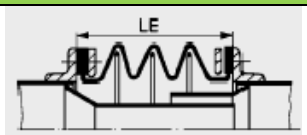
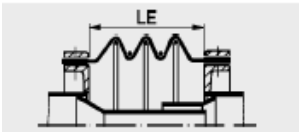
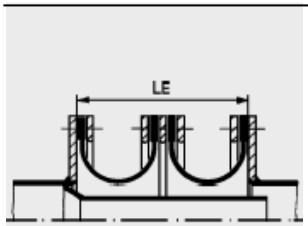
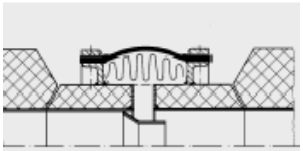
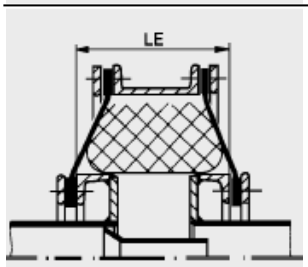
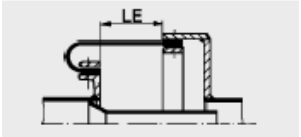
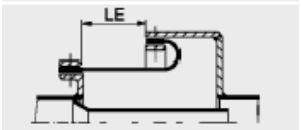
Компенсатор на газоходе колпака установки коксования

3.1 Обзорная таблица

	Тип	Описание	Компенсация перемещения*	Комментарии / рекомендуемые размеры LE
	110	П-образный компенсатор	ΔI осевая (0,1 -- 0,3) LE ΔI поперечная (0,05 -- 0,2) LE	П-образный и плоский компенсаторы являются лучшими стандартными устройствами для большинства условий применения на круглых и прямоугольных магистралях. Тип 110: LE = 150 -- 400 мм Тип 120: LE = 100 -- 400 мм
	120	Плоский компенсатор		
	211	П-образный компенсатор для избыточного давления	ΔI осевая (0,2 -- 0,5) LE ΔI поперечная (0,1 -- 0,2) LE	Особенно пригодны для магистралей квадратного и прямоугольного сечения в качестве специальной угловой конструкции, если необходимо. Тип 211: LE = 200 -- 400 мм Тип 212: LE = 150 -- 400 мм
	212	П-образный компенсатор для низкого вакуума	ΔI осевая (0,2 -- 0,5) LE ΔI поперечная (0,15 -- 0,2) LE	
	221	Плоский компенсатор для избыточного давления	ΔI осевая (0,2 -- 0,5) LE ΔI поперечная (0,1 -- 0,2) LE	При изготовлении прямоугольных компенсаторов углы также должны изготавливаться по высоте углового профиля. LE = 150 -- 400 мм
	222	Плоский компенсатор для низкого вакуума		

*Указанные значения перемещения зависят от температуры. Наши технические консультанты предоставят более подробную информацию.

Тканевые компенсаторы

	Тип	Описание	Компенсация перемещения*	Комментарии / рекомендуемые размеры LE
	**310**	Гофрированный компенсатор с фланцевым соединением	ΔI осевая (0,4 -- 0,7) LE ΔI поперечная (0,1 -- 0,2) LE	Гофрированные компенсаторы особенно пригодны для магистралей круглого сечения небольших размеров (примерно до диаметра 2000 мм). При больших диаметрах могут применяться только при низких давлениях. LE = 200 -- 800 мм
	**320**	Гофрированный компенсатор с плоскими фланцами		
	**412**	Многопрофильные компенсаторы с промежуточными фланцами и шарнирной решетчатой подвеской. Возможна также аналогичная одиночная П-образная конструкция.	ΔI осевая (0,4 -- 0,7) LE ΔI поперечная (0,1 -- 0,3) LE	Многопрофильные компенсаторы могут применяться на больших круглых и прямоугольных магистралях и особенно пригодны в условиях больших осевых перемещений. Промежуточные фланцы могут поддерживаться шарнирными решетчатыми направляющими или специальными подвесками. LE = 200 -- 450 мм на П-образную секцию
	**120 GT**	Конструкция с параллельными камерами	ΔI осевая (0,1 -- 0,3) LE ΔI поперечная (0,05 -- 0,2) LE	Конструкция с параллельными камерами была разработана для условий быстрого подъема температуры до высоких значений, например, для газовых турбин. См. также 3.4.6.
	**510**	Мембраный компенсатор	ΔI осевая (0,4 -- 0,7) LE ΔI поперечная (0,1 -- 0,2) LE	Мембранные компенсаторы особенно подходят для больших диаметров, больших осевых перемещений и высоких температур. Компенсаторы этого типа требуют устройства подвесок или опор. Размеры LE – по согласованию.
	**621**	Загнутый плоский компенсатор для избыточного давления	ΔI осевая (0,6 -- 0,8) LE ΔI поперечная (0,1 -- 0,2) LE	Загнутые плоские компенсаторы оказываются особенно практичными в сочетании со стальной футеровкой дымовых труб, поскольку они могут компенсировать весьма большие осевые и поперечные перемещения. Размеры LE – по согласованию.
	**622**	Загнутый плоский компенсатор для низкого вакуума		

*Указанные значения перемещения зависят от температуры. Наши технические консультанты предоставят более подробную информацию.

3.2 Пояснения к обзорной таблице

3.2.1

Компенсаторы типов 110 и 120 пригодны для поглощения небольших изменений длины, поскольку их конструкция не предусматривает выступов, и они не требуют специальных конструкций углов. Поэтому они недороги в изготовлении и могут применяться в широком диапазоне условий.

3.2.2

Типы 211, 212, 221 и 222 имеют специальный выступ по профилю, что удваивает их способность поглощать осевые и поперечные перемещения. Углы могут быть сконструированы как соединения под углом 45 градусов с соединением в поддерживающем слое или как сегментный угол с двумя соединениями, см. рис. 3.2.2.1.

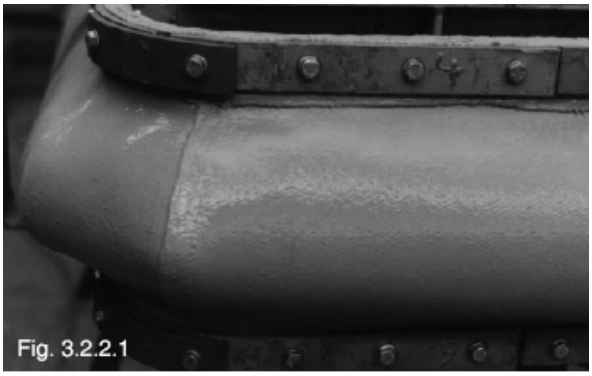


Fig. 3.2.2.1

3.2.3

Гофрированные компенсаторы (тип 310 и 320) или многопрофильные компенсаторы с промежуточными фланцами (тип 412) поглощают большие перемещения, в особенности осевые. Гофрированные компенсаторы специально сконструированы для установки на магистралях круглого сечения небольших размеров (менее 2000 мм в диаметре). При больших диаметрах пригодны для применения только при низких давлениях.

Вместо поддерживающих тросов, обычно применяемых с круглыми гофрированными компенсаторами, прямоугольные конструкции требуют плоских опорных рам из стали.

3.2.4

Многопрофильный компенсатор типа 412 предлагает особенно интересные возможности при применении, поскольку промежуточные фланцы, требуемые для типов 412 и 510, могут устанавливаться на подвесках или опорах. Компания Kempchen разработала для этой цели шарнирные решетчатые опоры для вертикальных и горизонтальных трубопроводов. См. рис. 4.3.1.1 и 4.3.1.2.

3.2.5

Загнутые плоские компенсаторы могут изготавливаться для условий избыточного давления (тип 621) или низкого вакуума (тип 622). Они особенно практичны в сочетании со стальной футеровкой дымовых труб. Загнутые плоские компенсаторы предпочтительны для установки на газоходах больших диаметров. Они способны компенсировать большие осевые и радиальные перемещения, которые могут возникнуть в связи с термическим сбросом в дымовых коллекторах. Они соединяются с помощью угловых фланцев или шланговых соединений.

3.2.6

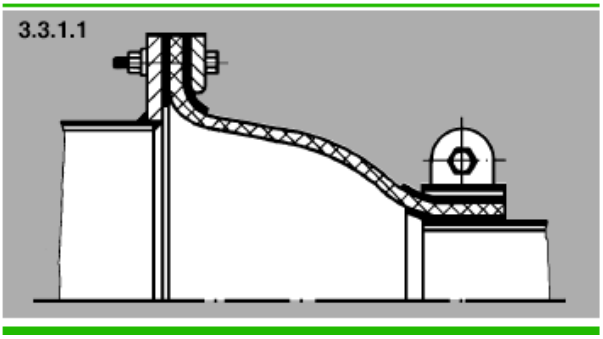
В процессе сборки должен соблюдаться размер LE с допуском + 0 / - 10 мм.

Соосность соединений в поперечных направлениях должна сохраняться в пределах 10 мм.

3.3 Специальные модели

Поскольку требования, предъявляемые к компенсаторам из мягких материалов, весьма разнообразны, компания Kempchen разработала серию специальных моделей в дополнение к стандартным моделям, перечисленным в обзорной таблице 3.1. Эти специальные модели включают:

3.3.1 Компенсаторы с разными типами соединений с каждой стороны, см. рис. 3.3.1.1



3.3.2 Конические и укороченные конические компенсаторы

3.3.3 Компенсаторы для внутристенных газоходов

3.3.4 Специальные компенсаторы для вращающихся воздухоподогревателей

3.3.5 Специальные компенсаторы для выхлопных систем дизельных двигателей, см. рис. 3.3.5.1



3.3.6

Эти специальные модели тканевых компенсаторов с покрытием вулканизированной резиной, предназначенные для систем газоочистки, описаны в нашей специальной брошюре, касающейся компенсаторов для установок десульфуризации дымовых газов. Смотри страницы 211/212, где подробно описаны наши технические решения для герметизации стыков футеровки дымовых труб.

3.4 Замечания по выбору компенсаторов из мягких материалов и определению их размеров

3.4.1

Мы рекомендуем выбирать компенсатор из обзорной таблицы, если это возможно, поскольку стандартные модели дешевле специальных.

Максимально допустимое поглощение перемещения можно найти в обзорной таблице 3.1. Просим помнить, что меньшие значения относятся к более высоким температурам из-за большей толщины конструкции, а большие значения характеризуют поглощение перемещения для более тонкой конструкции.

Значения компенсации перемещения предполагают, что будут иметь место осевое сжатие и поперечное перемещение одновременно.

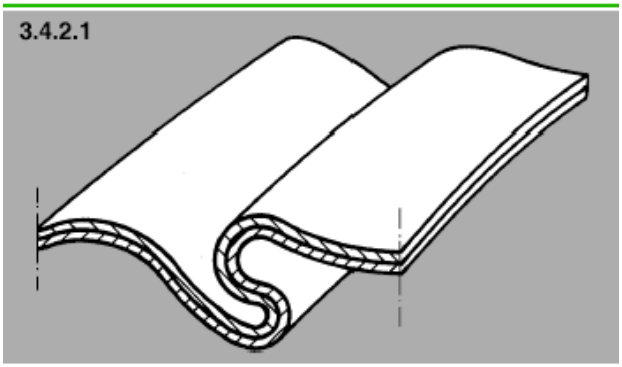
Если это не так, вам необходимо указать свои условия в запросе.

Ориентировочные значения удлинения соединяемых сечений газоходов в зависимости от температуры:

Удлинение (мм/м) при росте температуры от 20 С до										
Температура, С	50	100	150	200	250	300	350	400	500	600
Ферритная сталь	0,32	0,89	1,51	2,18	2,87	3,61	4,35	5,12	6,66	--
Аустенитная сталь	--	1,34	2,08	2,97	3,76	4,75	5,69	6,64	8,62	11,2

3.4.2

Важно, чтобы параллельные конструкции компенсатора из мягких материалов, включающие изолирующий слой, герметизирующий слой, проволочный слой и защитный слой, оставались неповрежденными во время предполагаемого перемещения независимо от того, какой тип компенсатора выбран. Следует избегать сморщивания и выпячивания, особенно это касается внешней оболочки, поскольку это может привести к перегреву из-за помех теплопередаче. См. рис. 3.4.2.1.

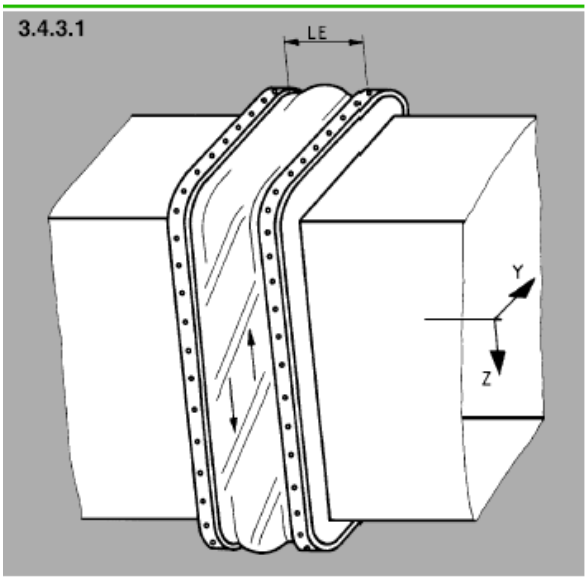


3.4.3

Компенсация поперечного перемещения определяется не только межфланцевым расстоянием LE, но также и длиной стороны, в которую совершается поперечное перемещение. Как показано на рис. 3.4.3.1, в направлении Z допускается меньшее поперечное перемещение, чем в направлении Y.

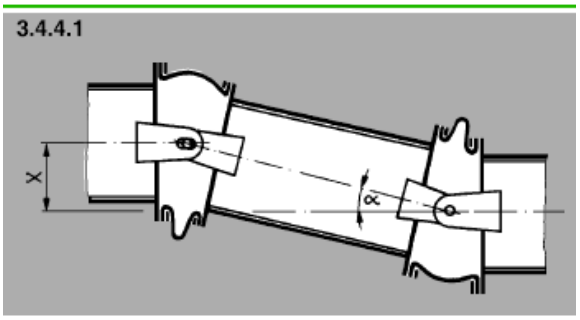
На длинной стороне обеспечивается меньшее значение компенсации поперечного перемещения.

На короткой стороне обеспечивается большее значение компенсации поперечного перемещения.



3.4.4

Конструкционные решения, которые должны быть приняты для особенно больших значений поперечных перемещений: одним из решений является отдельная секция газохода на гибкой подвеске. При этом компенсаторы устанавливаются как показано на рис. 3.4.4.1 и действуют в качестве угловых компенсаторов.



3.4.5

Компенсаторы из мягких материалов, которые работают в качестве угловых компенсаторов, должны иметь предварительно сформированный выступ. Они должны быть предварительно нагружены, чтобы при компенсации перемещений не возникало перегрузок не только при сжатии, но и при растяжении.

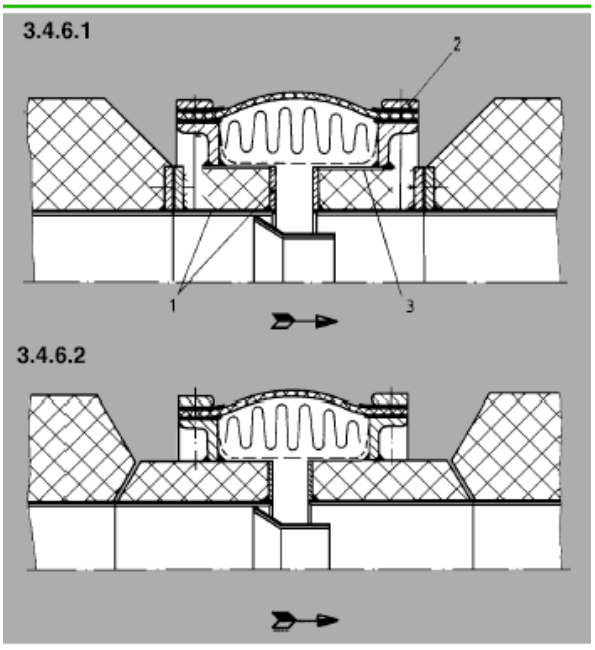
3.4.6 Конструкция с параллельной камерой для снижения температуры фланцев компенсатора

Показанная на рис. 3.4.6.1 фланцевая конструкция включает горячую секцию газохода (1) и холодную секцию газохода (2), разделенные дополнительными секциями (3), выполненными из тонкой ферритно/аустенитной стали толщиной всего 1,5 - 3 мм.

Газотурбинные установки обычно проектируются с учетом ежедневных циклов запуска/останова; при этом тепловая нагрузка меняется в пределах примерно 600°C на нагрев и охлаждение за 6 минут.

Другие конструкции с параллельными камерами проектируются в соответствии с рис. 3.4.6.2. Узел с параллельными камерами может устанавливаться с помощью фланцев или сварки.

Преимуществом таких конструкций является то, что они обеспечивают существенно более низкую температуру соединений и фланцев компенсатора, а также хорошее перекрытие зазора между секциями газохода в рабочем режиме.



4.0 Варианты соединений

Следующие описания типов соединений предназначены для того, чтобы продемонстрировать имеющиеся варианты и ограничения для этих вариантов.

Приведенные температурные ограничения в большой степени зависят от конструкции компенсатора. Например, следует помнить, что указанные предельные значения будут примерно на 100°C ниже при использовании ткани с покрытием из силикона или витона, чем в случае использования ткани, покрытой тефлоном. Ткань с тефлоновым покрытием может выдерживать установившиеся температуры до 260 °C, а в случае покрытий силиконом и витоном эти предельные температуры будут составлять лишь 150 -- 180°C.

Варианты соединений компенсаторов из мягких материалов приводятся в разделе 2.3.

В качестве приварных фланцев или сварных фланцев с шейкой могут использоваться только фланцы с плоской поверхностью, соответствующие стандартам DIN 2526 Form B или DIN 28032, DIN 28034 Form D.

4.1 Конструкции фланцевых соединений

Трубопроводы и газоходы часто имеют усиления из стального углового или плоского профиля; таким образом, они уже имеют фланцевые соединения для присоединения компенсатора. Этот простейший тип соединений можно применять при температурах среды между 350°C и 400°C, см. рис. 4.1.1. Такое соединение также обеспечивает оптимальную герметизацию.

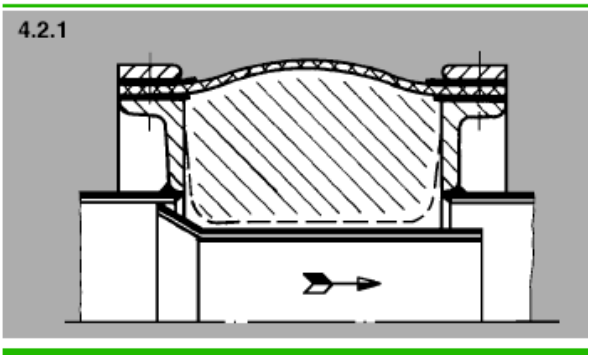


Компенсатор на входном воздуховоде домны

4.2 Конструкции шланговых соединений компенсаторов

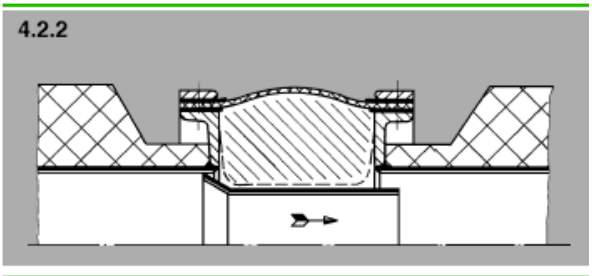
Для температур среды около 400°C и выше рекомендуется выполнить усиление концов магистрали с помощью углового или П-образного профиля, чтобы компенсатор можно было установить при помощи шлангового соединения (см. рис. 4.2.1).

4.2.1

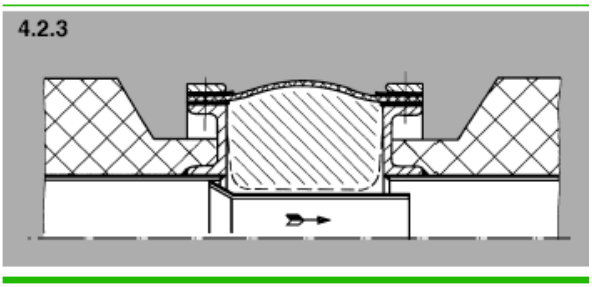


При выборе одной из конструкций, показанных на рис. 4.2.2 и 4.2.3 и установке изоляции в полости фланцевого соединения температура фланцев может быть снижена примерно на 100°C по сравнению с иными вариантами.

4.2.2



4.2.3



Использование ленточных хомутов для присоединения (см. 2.3.3) при диаметрах до 1000 мм обеспечивает отсутствие болтовых отверстий, что является преимуществом. Дополнительным достоинством является высокое качество уплотнения. При диаметрах более 1000 мм предпочтительно применять болтовые противофланцы, которые обеспечивают лучшее качество уплотнения.

4.3 Опоры в виде шарнирной решетки и стержневые направляющие

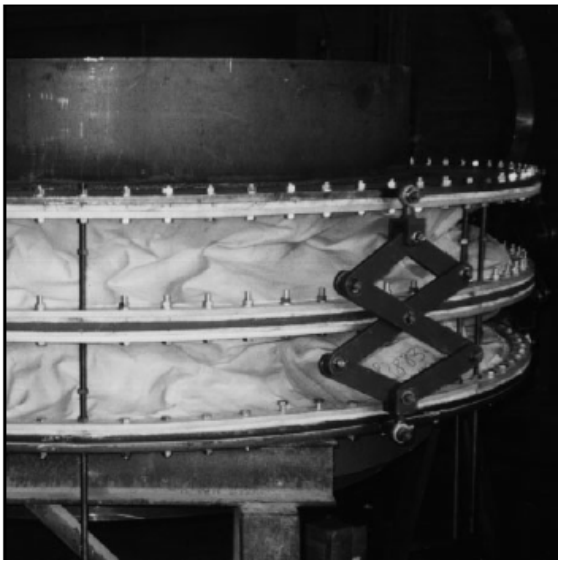


Рис. 4.3.1.1

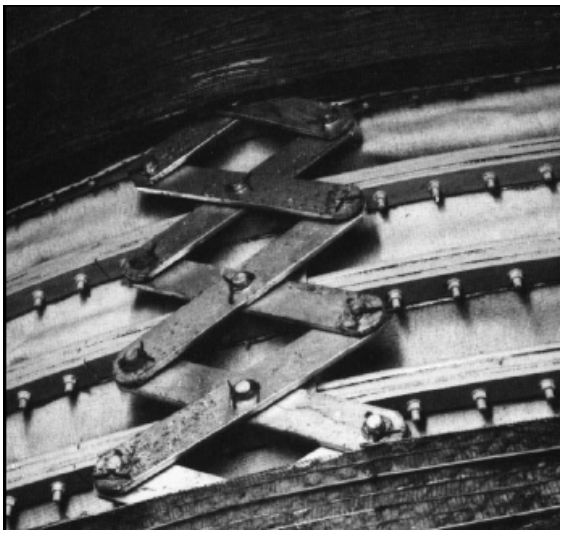


Рис. 4.3.1.2: Компенсатор на дымовой трубе угольной электростанции

Как указано в пункте 3.2.4, многопрофильный компенсатор может быть установлен с использованием промежуточных фланцев и шарнирных опорных решеток, если газоход имеет большое поперечное сечение и большие осевые перемещения при вертикальном и горизонтальном расположении.

Количество компенсаторов и промежуточных фланцев определяется величиной поглощаемого осевого перемещения. Чтобы избежать проседания или провисания в горизонтальном или вертикальном направлении, компания Kempchen разработала шарнирные решетчатые опоры (см. рис. 4.3.1.1 и 4.3.1.2). Промежуточные фланцы поддерживаются шарнирными решетчатыми опорами, и равномерное распределение осевого перемещения обеспечивается по всей длине многопрофильного компенсатора без поперечных связей. Стержневые направляющие пригодны для установки на гофрированных компенсаторах без промежуточных фланцев (см. рис. 4.3.1.3).



Рис. 4.3.1.1



Компенсаторы на рециркуляционном воздуховоде агломерационной установки

5.0 Тепловые расчеты конструкции компенсатора

Пленки, показанные в Таблице 2.1.2.4, используются в качестве герметизирующих слоев.

Наибольшая допустимая долговременная температура в пленке (пленках) или внешнем покрытии, установленном в качестве герметизирующего слоя, является критической точкой для определения конструкции компенсатора в зависимости от температуры. По этой причине эти герметизирующие слои служат в качестве критериев тепловых расчетов конструкции компенсатора.

Имеются две главные зоны, которые необходимо различать: свободная зона между двумя фланцами и нагруженная зона компенсатора между фланцами и противофланцами.

5.1

Конструкционные особенности компенсатора из мягких материалов круглого, квадратного или иного сечения приводят к различным схемам поведения в отношении теплопередачи и теплоотдачи.

На практике могут существовать параллельные слои в свободной зоне, к которым хорошо применим теоретический подход и упрощенные предположения (см. пункт 5.3). Однако в гофрированной зоне могут действовать сложные соотношения, которые трудно выявить с помощью расчетов.

Теплопередача осуществляется путем конвекции или излучения. Однако теплопередача в большой степени зависит от значения температуры и разницы с окружающей температурой для конвекции и от площади и состояния поверхностей для радиационного теплообмена.

Скорости потока среды в трубопроводе и окружающего воздуха на внешнем защитном слое также играют важную роль для теплопередачи.

Таким образом, существует много вариантов распределения температуры внешней поверхности (защитного слоя) компенсаторов при горизонтальном положении трубопровода. Наибольшие температуры внешней поверхности будут создаваться как результат воздействия термически определенных скоростей потоков в средней части и верхней части компенсатора. Поэтому эти зоны являются наиболее уязвимыми.

5.2

Поскольку почти невозможно определить все эксплуатационные факторы и ограничительные условия, были сделаны следующие упрощающие предположения:

1. Мы предполагаем, что компенсатор из мягких материалов сделан из плоскопараллельных теплоизолирующих слоев, которые позволяют теплу поступать вертикально к двум соседним поверхностям.

2. Мы предполагаем, что установившееся состояние достигается после определенного периода времени.

3. Мы предполагаем, что разность температур, которая вызывает отвод тепла от поверхности в окружающую среду путем конвекции, равна разности температур, которая вызывает теплопередачу путем излучения.

Также были сделаны следующие предположения:

1. Способность к теплопередаче зависит от температуры.

2. Плоскопараллельные слои тоньше в зоне крепления, чем в свободной зоне.

3. В установившемся режиме тепловой поток в компенсаторе через отдельные слои можно определить как постоянный, что позволяет рассчитывать температуры в отдельных слоях рассматриваемого компенсатора из мягких материалов.

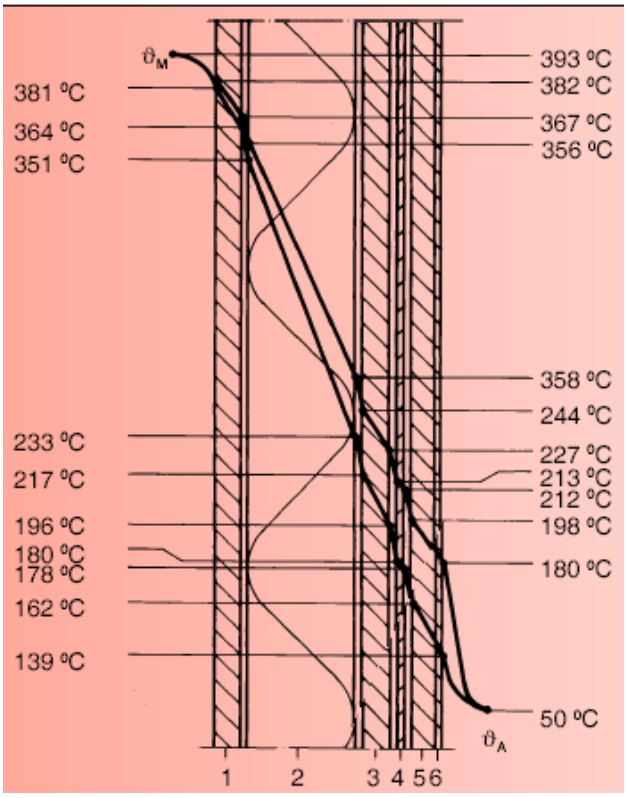
5.3

Ниже приводятся два типовых температурных графика для стандартных многослойных конструкций.

В примере 5.3.1 критической точкой, являющейся основой для тепловой расчета, является внешний силиконовый слой 6.

В примере 5.3.2 критической точкой, являющейся основой для теплового расчета, является слой тефлоновой пленки 4.

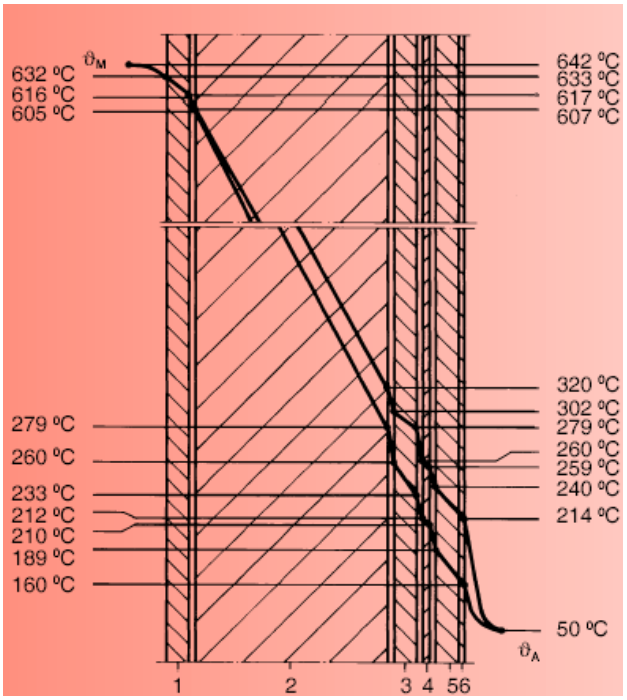
Примеры конструкций



5.3.1 Температурные кривые для тканевого компенсатора с внешним слоем с силиконовым покрытием

1. Стеклоткань
2. Стекловойлок
3. Стеклоткань
4. Тефлоновая пленка
5. Стеклоткань
6. Внешнее силиконовое покрытие

Верхняя/нижняя кривые соответствуют температурам для ограниченного и свободного теплообмена конвекцией и излучением.



5.3.2 Температурные кривые для тканевого компенсатора с внешним тефлоновым слоем

1. Silicatex
2. Kerlane
3. Стеклоткань
4. Тефлоновая пленка
5. Стеклоткань
6. Внешнее тефлоновое покрытие

Верхняя/нижняя кривые соответствуют температурам для ограниченного и свободного теплообмена конвекцией и излучением.

6.0 Герметичность компенсаторов из мягких материалов и их тестирование

Требуемая герметичность компенсаторов из мягких материалов меняется в широких пределах в зависимости от:

- диапазона температур
- типа компенсатора
- рабочей среды.

Однослойные компактные резиновые компенсаторы, тканевые компенсаторы с фланцевыми уплотнениями из резины и тканевые компенсаторы с тканевыми фланцевыми уплотнениями могут использоваться в увеличивающемся по порядку диапазоне температур. Требования к газонепроницаемости будут уменьшаться с уменьшением тепловой нагрузки.

6.1 Однослойные резиновые компенсаторы

Наилучшие показатели непроницаемости могут быть достигнуты у компактных резиновых компенсаторов, сделанных из, например, из этилен-пропиленового каучука, бутиловой резины или фтористого эластомера. Эти компенсаторы имеют фланцевые поверхности и гофры компенсатора из вулканизированной резины. Гофры компенсатора включают вулканизированное армирование из металлического или неметаллического текстильного материала. Этот тип компенсаторов проходит тест Nekal при поверхностном давлении около 2 Н/мм2.

В соответствии со спецификациями качества и требованиями к прохождению испытаний RALGZ 719, раздел 2.2.6 “Газонепроницаемость“, не допускается выделения пузырьков в зоне гофр или крепления при практическом проведении теста Nekal. В зависимости от типа используемой резины, резиновые компенсаторы могут применяться при температурах до 205°C. Ниже точки росы эти типы компенсаторов также непроницаемы, когда происходит конденсация.

6.2 Многослойные тканевые компенсаторы с фланцевыми уплотнениями из резины

Для температур до 260°C мы предпочитаем использовать тканевые компенсаторы с внутренней спеченной тефлоновой пленкой толщиной до 0,5 мм. Эти компенсаторы были испытаны и показали хорошие результаты при работе в течение многих лет при повышенных температурах и образовании больших количеств конденсата. Они также проходят тест Nekal, благодаря фланцевым уплотнениям из фтористой резины или тефлона, прочно прикрепленным к тефлоновому покрытию.

6.3 Многослойные тканевые компенсаторы с тканевыми фланцевыми уплотнениями

Этот тип компенсаторов используется при температурах выше 260°C. Гофрированный участок может быть герметизирован с помощью газонепроницаемой резины, пластика или металлической фольги. Тем не менее, в зоне фланцев не могут быть использованы газонепроницаемые материалы при температурах выше 260°C.

Полосы из стеклянной или керамической ткани не проходят тест Nekal при высоких температурах, но являются герметичными для потока дымовых газов.

Герметичность для потока дымовых газов относится к непроницаемости, соответствующей техническим стандартам. При проведении теста Nekal отдельные пузырьки, которые образуются из-за диффузии через теплоизолирующие фланцевые уплотнения, допускаются в зоне фланцев.

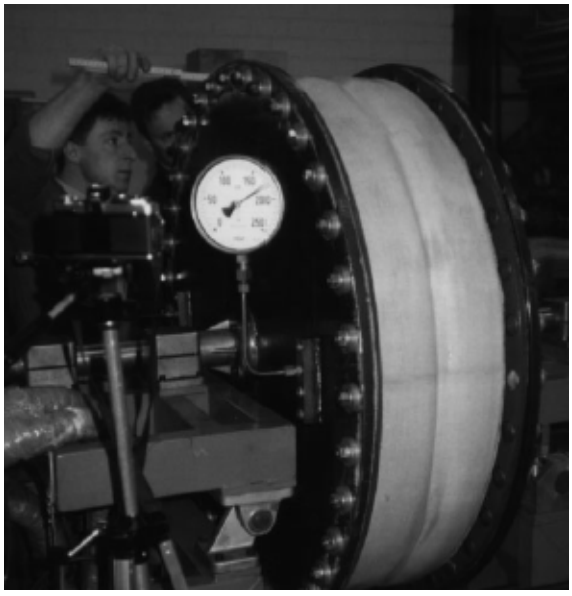
6.4 Условия газонепроницаемости компенсаторов из мягких материалов

Фланцевая зона является наиболее слабым местом компенсатора из мягких материалов. По этой причине поверхностное давление, достигнутое поверхностное давление и фактическое поверхностное давление крайне важны при сборке.

Указания по нужной толщине противофланцев в зависимости от ширины противофланцев и расстояния между отверстиями приведены в разделе 2.3.1.4. Одним из предварительных условий является жесткость конструкции фланцев газохода или трубопровода. Например, здесь играет роль выбор нужной толщины фланцев или изгиб магистрали.

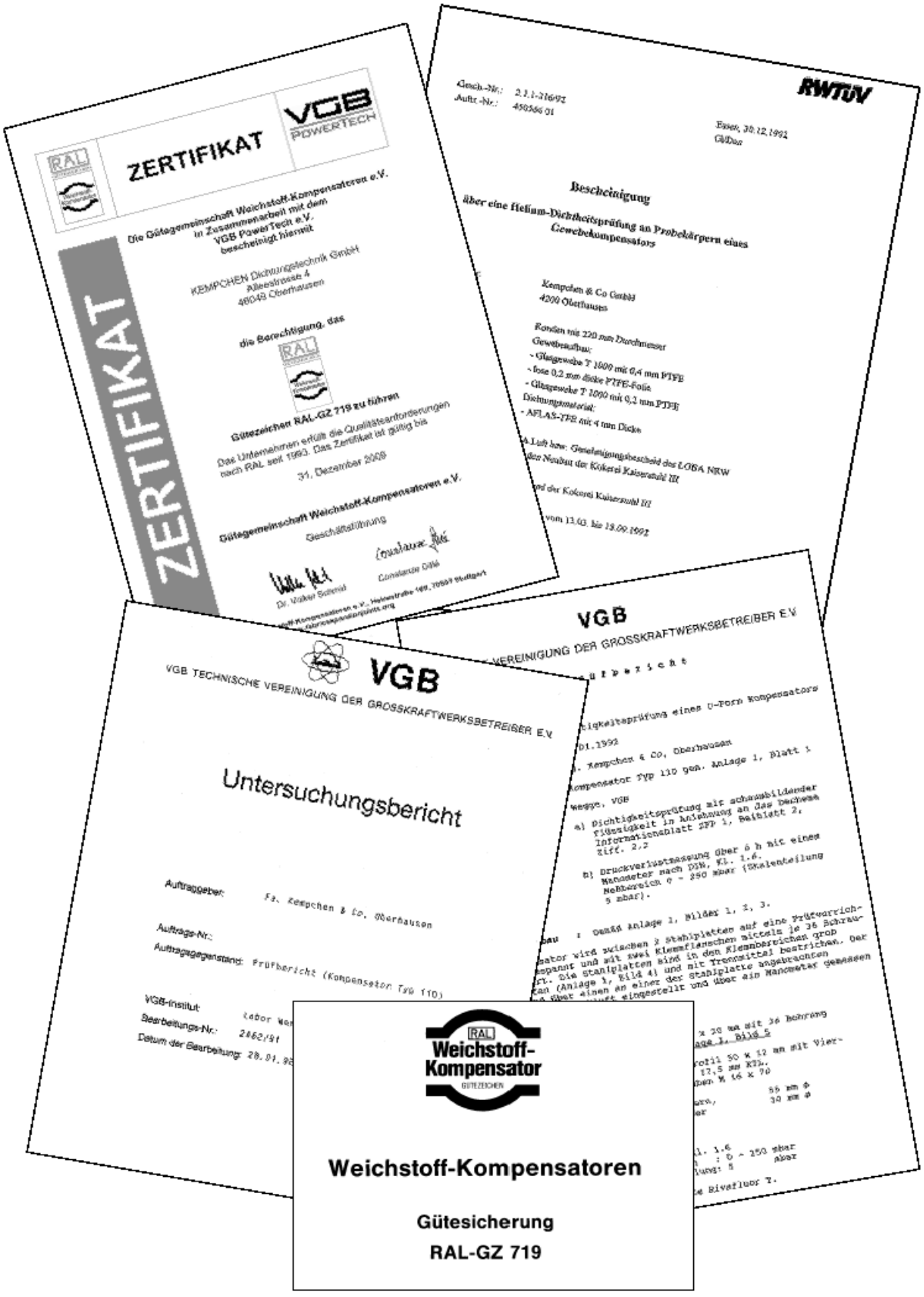
Фланцевые болты должны быть затянуты в соответствии с параметрами и упругими свойствами многослойной структуры компенсатора. Указания по этому предмету также приведены в Таблице 2.3.1.5.

Болты должны быть заново затянуты с предписанным моментом через час после окончания сборки.



Сотрудники компании Kempchen проводят испытания давлением компенсатора в тестовой лаборатории Kempchen

СЕРТИФИКАТЫ



7.0 Инструкции по сборке и ремонту

7.1 Общие указания по установке узла на месте

- Вытащите компенсатор из упаковки и проверьте, какая из сторон является внутренней. Внешняя сторона отмечена как внешняя.
- Убедитесь, что на пропускном патрубке нет острых кромок. Любые острые кромки следует обработать (скруглить).
- Поскольку стыковое соединение естественным образом является самой слабой частью компенсатора, оно должно быть расположено в месте, где оно будет наименее подвержено механическим и тепловым нагрузкам.

На горизонтальных трубопроводах и газоходах, когда имеется риск образования конденсата, стык должен быть обращен вверх.

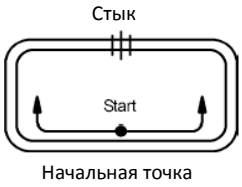


Если вы ожидаете затрудненного охлаждения из-за неблагоприятного размещения оборудования, что может помешать свободной конвекции или излучению, стык должен быть расположен в той точке компенсатора, которая будет наиболее холодной.



Убедитесь, что противофланцы должным образом скруглены.

- Начните сборку компенсатора, прикрепив его среднюю точку к болтовым фланцам в точке, противоположной нахождению стыкаи продолжайте крепление, продвигаясь к свободным концам.

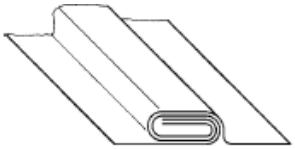


Мы рекомендуем оставить незакрепленными концы длиной примерно по 0,5 м для обеспечения свободы перемещения.

Теперь попеременно наложите друг на друга слои. Сшейте слои вместе, начиная изнутри. Повторите операцию для всех слоев из металлической сетки или минеральной шерсти.

Будьте особенно внимательны, сшивая вместе герметизирующие слои.

a) Склейте тефлоновую пленку клеем Siemapren 1500 F(N) в соответствии с иллюстрациями, сложите и проклейте или сварите по месту.

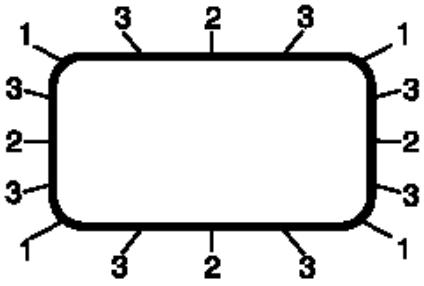


b) Стеклоткань со спеченной тефлоновой пленкой и ткань из полиэфирного с витоновым покрытием смазывают раствором витона B и сшивают вместе.

Стеклоткань или полиэфирную ткань с силиконовым покрытием смазывают силиконовой пастой и сшивают вместе. В качестве последней операции все стежки пропитывают раствором витона и устанавливают компенсатор на место.

Когда сборка выполняется техниками компании Kempchen, тефлоновую пленку профессионально сваривают, а герметизирующие слои со спеченной тефлоновой пленкой также сваривают, выполнив специальную подготовку на месте.

Компенсатор в виде неразрывной ленты следует установить в соответствии с этим рисунком:



Начните установку с углов. 1. Затяните один болт в центре каждого угла. 2. Теперь по одному болту в этих точках. 3 И т.д.. Такой метод позволяет избежать образования волн или складок.

7.2 Особые инструкции по запечатыванию стыка на месте установки и ремонту компенсаторов типов 110 или 120


Fig. 1


Fig. 2


Fig. 3


Fig. 4

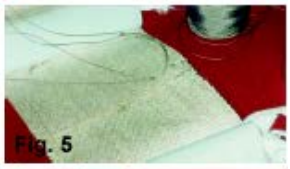


Fig. 5


Fig. 6


Fig. 7


Fig. 8


Fig. 9


Fig. 10

Конструкция ткани:
1 слой стеклоткани со спеченной тефлоновой пленкой
1 отдельный слой тефлоновой пленки
1 слой стеклоткани со спеченной тефлоновой пленкой
Внутренняя и внешняя кромки армированы полосами стеклоткани
1. Освободите армированные кромки примерно на 200 мм по длине. Отрежьте первый внутренний слой до нужной длины, оставив перекрытие 100 мм. Нанесите клей на обе стороны и дайте ему подсохнуть 4-5 минут (рис. 1 + 2). Прижмите с помощью ручного ролика, если необходимо (рис. 3).
2. Прошейте изогнутой иглой с нитью примерно в 20 мм от кромки. Сделайте стежки шириной 20 мм в 10 мм друг от друга по всей ширине. Завяжите концы нити в узлы, сделайте 2 шва (рис. 4 -- 7).
3a. Уложите слои тефлоновой пленки поверх друг друга, скрепите края и делайте несколько складок шириной около 20 мм; скрепите последнюю складку с обеих сторон, чтобы пленка не сползала (рис. 8 -- 10).
3b. Сварите пленку сварочным аппаратом (если он имеется), прикрепите сварочную пленку к концам основной пленки (рис. 11). Аккуратно выровняйте другую сторону (без сварочной пленки и скрепите степлером. Установите сварочные клещи на 60 с помощью устройства управления, нажмите кнопку, подождите 20 секунд, освободите клещи.


Fig. 11


Fig. 12


Fig. 13

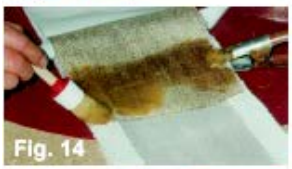


Fig. 14


Fig. 15


Fig. 16

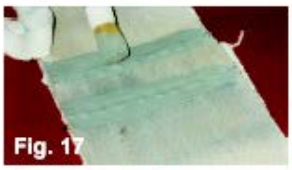


Fig. 17

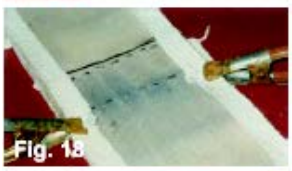


Fig. 18

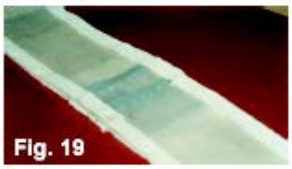


Fig. 19

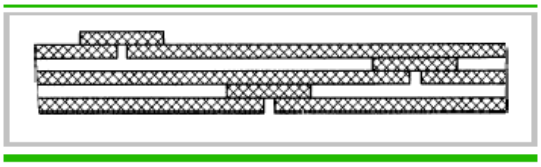

Fig. 20

Обрежьте остатки сварочной пленки. Еще раз сложите сваренную пленку (рис. 12 + 13).
4. Внешний слой:
отверните внешний слой от внутреннего слоя, смажьте клеем обе стороны и приклейте, как и внутренний слой (рис. 14).
Важно для внешнего шва:
Следует уложить защитную или толстую тефлоновую пленку или аналогичный материал между тканевым слоем и тефлоновой пленкой, чтобы не повредить тефлоновую пленку иглой (рис. 15).
Прижмите смазанные клеем участки с помощью ролика (рис. 16).
Выполните швы, как и на внутреннем слое.
Пропитайте швы несколько раз раствором витона, чтобы запечатать отверстия от иглы. Проведите покрытие витоном несколько раз до образования сплошной пленки (рис. 17).
Растяните армированную кромку до точной длины, уложите детали заподлицо друг с другом и проклейте с отступлением около 20 мм от тканевого шва (рис. 18).
Прикрепите усиление внутреннего края аналогичным образом.
Завершенное соединение стыка (рис. 19).
Устройство управления, сварочные клещи, требуемое оборудование (рис. 20).

7.3 Ремонт компенсатора путем разрезания и повторного соединения, если сборка в замкнутом виде невозможна

Это сложная задача, поскольку в отличие от подготовленного стыка слои на месте разреза весьма трудно накладывать. Этот метод следует использовать, только когда пропускной патрубок невозможно демонтировать, или имеются иные обстоятельства, не позволяющие выполнить сборку в замкнутом состоянии. По этой причине, следует тщательно взвесить варианты ремонта. Отсоединение и перемещение пропускного патрубка и повторная сварка после частичной сборки неразрывного компенсатора могут оказаться предпочтительнее разрезания тканевого компенсатора.

Если принято решение о разрезании компенсатора, эту операцию следует проводить послойно. Дополнительные полосы материала того же или более высокого качества следует поместить под соответствующие точки разреза. Затем точки разреза следует соединить с помощью соединения внахлестку. В разделе 7.1 описаны отдельные операции этого процесса.



7.4 Ремонт механических повреждений или прогаров

Чтобы ремонт прошел успешно, оборванный или обрезанный материал по сторонам должен иметь достаточную прочность.

Поврежденные участки ткани разворачивают до достижения нижнего внутреннего слоя. В некоторых случаях может понадобиться расширить небольшой порыв.

Нижний внутренний слой из проволочной сетки или ткани сшивают с помощью проволоки или специальной нити.

Все изолирующие слои возвращают на места и закрывают их соответствующим куском ткани.

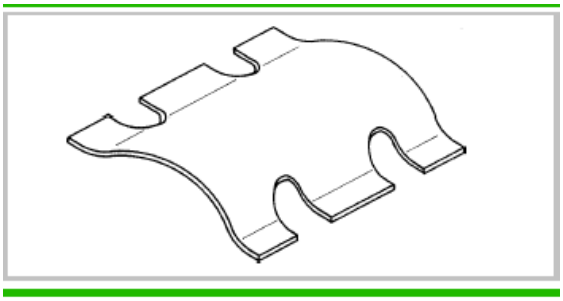
Далее, поместите кусок тканевого слоя соответствующего размера перед герметизирующим слоем. Герметизирующий слой следует смазать витоновым клеем и приклеить к куску ткани, а затем пришить пропорциональный кусок ткани к герметизирующему слою. Швы следует также пропитать витоном.

Любые дополнительные поврежденные слои ремонтируют, как описано выше.

7.5 Помощь в экстренных ситуациях

Если повреждение произошло в процессе работы, и высокая температура не позволяет предпринять действия, описанные в разделе 7.3, может оказаться полезным установить полосу листового металла над зоной повреждения, особенно в случае ленточного или П-образного компенсатора.

Освободите противофланцы и закрепите лист металла, вырезанный как показано на рисунке ниже, в болтовых отверстиях, расположенных ниже.



Попробуйте восстановить форму, занимаемую компенсатором.

Герметизируйте площадь между металлическим листом внешней оболочкой компенсатора с помощью витонового клея или силиконовой пасты.

Такой метод ремонта предполагает, что положение обеих секций трубопровода или газохода изменилось лишь незначительно. Тем не менее, такое решение позволяет установке работать лишь до следующей остановки на ремонт.

8.0 Инструкции по хранению, установке и сборке

8.1 Хранение

Компенсаторы из мягких материалов следует правильно транспортировать во избежание повреждений. Опасайтесь повреждения компенсатора острыми кромками и выступающими деталями во время транспортировки!

Компенсаторы следует правильно хранить до момента установки. Рекомендуется хранить их в металлическом контейнере с регулируемым климатом, откуда компенсаторы будут доставляться на сборочную площадку. Помещение для хранения должно обогреваться, если наружная температура падает ниже +5 С.

Если невозможно сразу начать сборку и компенсатор должен временно храниться на сборочной площадке, важно, чтобы он был защищен от воздействия влаги, например, укрыт пластиковой пленкой. На площадке компенсаторы следует хранить на деревянных поддонах и они должны быть защищены от возможных механических повреждений при монтажных работах или в результате движения транспорта по площадке.

Компенсаторы, которые стали жесткими из-за охлаждения, нельзя использовать в таком состоянии. Их следует прогреть до комнатной температуры, чтобы восстановить эластичность.

8.2 Установка

После установки следует принять во внимание следующие факторы, особенно в зоне над компенсатором:

- Общие защитные меры во время сборочных работ
- Температурная защита (при сварочных работах)
- Механическая защита (при сварочных и шлифовальных работах)

Рекомендуется, чтобы компенсаторы оставались защищенными все время вплоть до пуска в работу.

Защитные плиты, установленные рядом с или над компенсатором могут затруднить излучение тепла во время работы. Обычно компенсаторы не изолируют. То же относится к фланцам, поскольку большая часть тепла передается через фланцы. (исключение составляют компенсаторы с теплоизоляцией или защитой от погодных воздействий, которые специально создаются для этих целей).

Тканевые компенсаторы не следует окрашивать или покрывать лаком.

Некоторые типы компенсаторов могут подвергаться воздействию растворителей, что приведет к разрушению компенсатора. Слой лака также представляет собой недопустимую изоляцию. На пропускном патрубке не должно быть острых кромок; все острые кромки следует отшлифовать.

Противофланцы также должны иметь скругленные кромки.

8.3 Сборка

Стальные фланцы необходимо осмотреть на предмет качества и шлифовки сварных швов и скругления острых кромок; при необходимости выполните соответствующие операции.

Болтовые отверстия в стальных деталях не должны иметь заусенцев.

Несоосность фланцев и расстояние между фланцами должны находиться в пределах соответствующих допусков.

Вытащите компенсатор из упаковки и проверьте, какая из сторон является внутренней. Внешняя сторона отмечена как внешняя!

Для компенсаторов из эластомера и тканевых компенсаторов с армированием кромок эластомером используйте поставляемый разделительный состав. Направление установки указано на упаковке.

Свобода перемещения, требуемая для компенсации осевых и/или радиальных смещений, встроена в конструкцию компенсатора. При установке убедитесь, что компенсатор предварительно сжат, чтобы установочная длина (размер LE) была сохранена.

Стык/шов должен располагаться в зоне компенсатора, подверженной наименьшим механическим или термическим нагрузкам! Для горизонтальных трубопроводов, где есть возможность образования конденсата, внутренний шов должен располагаться сверху (в положении 12 часов) или сбоку ближе к верху (положение 2 или 10 часов). Прекратите сборку, если окружающая температура на месте сборки падает ниже 5 градусов Цельсия.

Может потребоваться разобрать газоход в месте установки компенсатора и прогреть внутренние поверхности до температуры не ниже 5 С. Всегда проверяйте наружную температуру при сборке в зимний период!

8.4 Замечания по болтовой сборке закрытых компенсаторов

При наличии болтовых фланцев начните сборку компенсатора, установив по одному болту в каждой четверти окружности (С:4).

Остальные участки опять разделяются пополам. Расстояния между прижимами в 1 - 4 мм должны перекрываться прокладками шириной 0,5 мм. Затем болты следует затянуть с моментом в половину от номинального.

С полным начальным моментом болты следует начать затягивать во время второго цикла затяжки. ВАЖНО: убедитесь, что вы достигаете необходимого поверхностного давления! Предварительным условием этого является то, что фланцы газохода и крепежные фланцы соответствуют вышеуказанным требованиям.

При замыкании концов ленточного компенсатора следует строго соблюдать инструкции, приложенные к компенсатору.

Крепежные болты должны быть установлены головками в сторону компенсатора, чтобы выступающие концы болтов не могли повредить компенсатор. После начального прогрева, или если начальный прогрев провести невозможно, повторно затяните болты компенсатора с необходимым моментом через 24 часа.

9.0 Компенсаторы с использованием эластомеров, резины и металла

Компенсаторы из эластомера для установок очистки и десульфуризации исходящих газов (см. также 3.3.6)

Эти компенсаторы используются в тех случаях, когда имеется большое количество химически активных веществ. В зависимости от качества эластомера, они могут применяться при температурах до 200°C. Такие устройства изготавливаются для круглых и квадратных газоходов, с предварительно отформованным выступом или без оного, по заказу могут оснащаться вулканизированным выпускным штуцером, а также оснащаться или не оснащаться фланцевым соединением.

Мы выпускаем компенсаторы из эластомера с использованием патентованной технологии производства с предварительно отформованным выступом в зоне кромки или без оного.



Кромка без отформованного выступа

Резиновые компенсаторы

Изделия включают защитный корд и могут применяться во всех областях промышленности для компенсации расширения и снижения шума и вибрации. Изделия поставляются также в усиленных вариантах.



Резиновый компенсатор Kempchen

Металлические компенсаторы

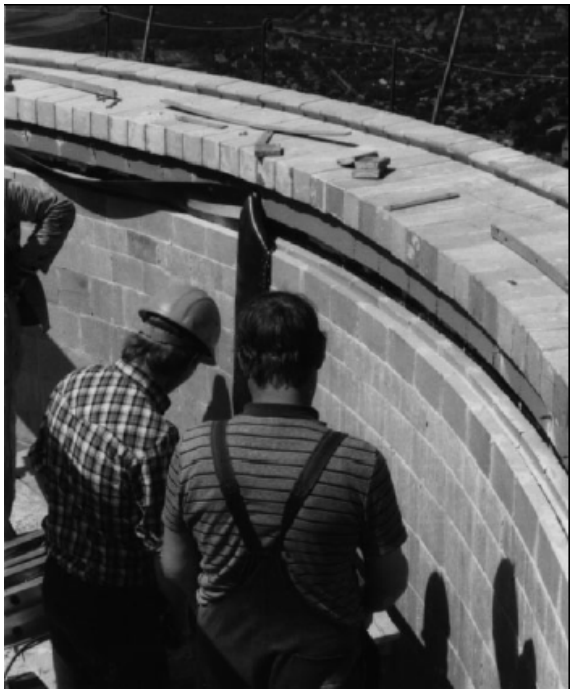
Изделия предназначены для работы в условиях высоких давлений и температур, могут также изготавливаться из специальных сталей и всех свариваемых металлов; выпускаются с фланцами или без них; по заказу могут поставляться ограничители перемещения.

Уплотнения дымоходов

Уплотнения стыков футеровки выполняются из фтористого резинового терполимера с армированием проволочной сеткой из высоколегированной нержавеющей стали и служат для герметизации стыков футеровки дымоходов.

Герметизирующие полосы крепятся к футеровке с помощью стенных анкеров и крепежных планок из высоколегированной нержавеющей стали. Крепежные планки также могут быть покрыты фтористой резиной. Благодаря особой конструкции и применяемым материалам такие уплотнения могут выдерживать установившуюся температуру до 200°C.

Шнуры с тефлоновым покрытием и сердечником из силикатных волокон предназначены для работы при установившихся температурах до 260°C с кратковременными пиками до 305°C; такие шнуры используются в дымоходах, чтобы дополнительно защитить уплотнения стыков футеровки.



Техники компании Kempchen устанавливают уплотнения футеровки

Технический опросный лист по тканевым компенсаторам

An
Kempchen Dichtungstechnik GmbH
Im Waldteich 21
D-46147 Oberhausen

Наименование компании: _____
Адрес: _____
Местоположение: _____
Ответственное лицо: _____
Телефон: _____ Факс:_____
Дата: _____ Номер заказа: _____

Просим заполнить данный опросный лист как можно более подробно, чтобы мы могли предоставить вам профессиональную консультацию.

1) **Среда...**
☐ Дымовой газ
☐ Исходящие газы
☐ Воздух
☐ Иное, просим указать: _____
Просим приложить анализ, если имеется
Сжигаемые материалы: _____
Содержание пыли: _____ мг/м3 Размер частиц: _____ мм
Точка росы: _____ °C

2) **Температура среды и окружающая температура...**
Рабочая: _____ °C Расчетная: _____ °C
Перерывы: _____ °C в течение: _____ дней или
_____ часов или
_____ минут
Накопление в течение ☐ всего срока службы
☐ одного года
Окружающая температура: _____ °C (стандартное значение 50°C)
Затруднено ли излучение? ☐ нет ☐ да, просим указать причину затруднения:
Излучение от других компонентов установки: ☐ нет ☐ да, просим указать источник и характер излучения:

3) **Давление среды...**
Рабочее давление
Избыточное давление: _____ мбар расчетное: _____ мбар
Низкий вакуум: _____ мбар;
Переменная нагрузка по давлению: ☐ нет ☐ да частота: _____ Гц
Ударная нагрузка по давлению: ☐ нет ☐ да
Перерывы: _____ мбар в течение: _____ дней или
_____ часов или
_____ минут
Накопление в течение ☐ всего срока службы
☐ одного года
Требуемая газонепроницаемость уплотнений:

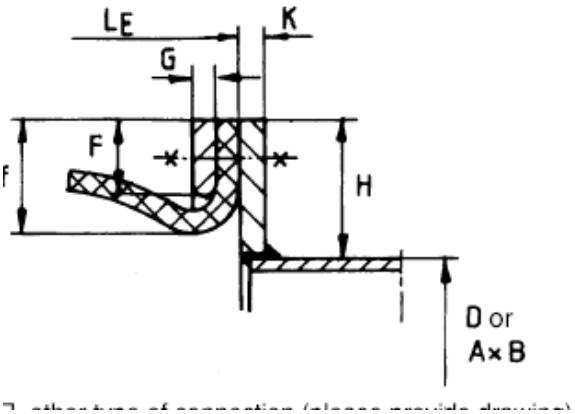
4) **Компенсация перемещений...**
Осевое растяжение: _____ мм,
Осевое сжатие: _____ мм,
Поперечное перемещение: _____ мм, предварительная нагрузка ☐ нет
☐ да, просим указать: _____ мм
Угол поворота: _____ °
Вибрация: ☐ нет ☐ да, частота: _____ Гц, амплитуда: _____ мм
Изменение нагрузки: _____ раз в ☐ год или ☐ месяц или ☐ день или ☐ час

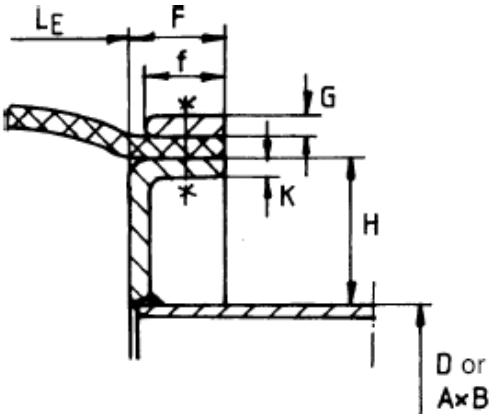
5) **Прочие условия применения...**
Трубопровод расположен ☐ горизонтально
☐ вертикально, направление потока ☐ вверх или ☐ вниз

Тканевые компенсаторы

Расположение магистали ☐ на открытом пространстве
☐ в помещении
☐ компенсатор должен быть изолирован снаружи
☐ промывка трубопровода
Прочие условия (например, сертификаты, испытания давлением и т.п.):

6) **Размеры / типы соединений...**
☐ Фланцевое соединение (например, тип 110) ☐ Соединение с помощью хомутов (например, тип 120)





☐ иной тип соединения (просим предоставить чертеж)
Внешний диаметр D: _____ мм или
Размер газохода A: _____ мм , размер газохода B: _____ мм
Размер фланца F: _____ мм, толщина G: _____ мм
Фланец газохода H: _____ мм, толщина K: _____ мм
Диаметр отверстий d: _____ мм, число отверстий n: _____
Внутреннее расстояние между фланцами LE: _____ мм
(для некоторых моделей, как то тип 110) высота фланца f: _____ мм
☐ Размеры F, f, G, H, K и LE должны быть определены компанией Kempchen & Co.
Конструкция: ☐ closed или ☐ открытая
☐ с отверстиями или ☐ без отверстий
☐ изделия основано на замерах или ☐ изготовление основано на чертежах
☐ прочие требования (например, лишь одна сторона с отверстиями), просим указать:

7) **Иные требования к предложению и сроки...**

Предварительная изоляция компенсатора (при необходимости)	☐ должна быть в наличии ☐ сообщить цену
Сборка	☐ должна быть в наличии ☐ сообщить цену
Шеф-монтажные услуги	☐ должны быть в наличии ☐ сообщить цену
Тестирование после завершения монтажа	☐ должно быть в наличии ☐ сообщить цену
Опорные фланцы	☐ должны быть в наличии ☐ сообщить цену материал: _____
Фланцы газохода	☐ должны быть в наличии ☐ сообщить цену материал: _____
Пропускной патрубок	☐ должен быть в наличии ☐ сообщить цену материал: _____
Соединительные болты	☐ должны быть в наличии ☐ сообщить цену материал: _____
Для компенсаторов с гайками и шайбами или:	
Установочные детали, предварительно собранные	☐ сообщить цену, материал: _____
Поверхностная обработка стальных деталей:	☐ оцинковка ☐ пескоструйная обработка _____ ☐ грунтовка: _____ ☐ окончательная окраска: _____ ☐ без обработки

Последний срок предоставления предложения:
Ориентировочный последний срок поставки: