

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

Главный инженер  
ОАО «ВНИПИэнергопром»

Генеральный директор  
ООО «МАРИЛЕНД-БЕЛ»



П.А. Тутыхин

2015



В.Т. Шутько

« 23 августа » 2015

РД-17-ВЭП

**РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ ПО ПРИМЕНЕНИЮ  
СИЛЬФОННЫХ КОМПЕНСАТОРОВ И СИЛЬФОННЫХ  
КОМПЕНСИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ МНОГОСЛОЙНЫХ  
МЕТАЛЛИЧЕСКИХ С ТЕПЛО И ГИДРОИЗОЛЯЦИЕЙ ДЛЯ  
БЕСКАНАЛЬНОЙ, НАДЗЕМНОЙ И КАНАЛЬНОЙ ПРОКЛАДКИ  
ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ**

**ПО ТЕХНИЧЕСКИМ УСЛОВИЯМ  
ТУ ВУ 691455872.003-2015**

СОГЛАСОВАНО

Генеральный директор  
ООО «КАРТЕК»

А.П. Акользин

« 12 » 2015



РАЗРАБОТАНО

Заместитель Главного инженера  
ОАО «ВНИПИэнергопром»

И.Б. Новиков

« 16 » 12 2015

Заместитель Главного инженера  
ОАО «ВНИПИэнергопром»

С.В. Романов

« 16 » 12 2015

Начальник отдела стандартизации  
и нормирования  
ОАО «ВНИПИэнергопром»

Е.В. Савушкина

« 16 » 12 2015

Москва 2015

Подпись и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подпись и дата
Инв. № подл.

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор  
ООО «МАРИЛЕНД-БЕЛ»

«     »                             2018

**РД-17-ВЭП**

**РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ ПО ПРИМЕНЕНИЮ  
СИЛЬФОННЫХ КОМПЕНСАТОРОВ И СИЛЬФОННЫХ КОМПЕНСИРУЮЩИХ  
УСТРОЙСТВ МНОГОСЛОЙНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ С ТЕПЛО И ГИДРОИЗОЛЯЦИЕЙ  
ДЛЯ БЕСКАНАЛЬНОЙ, НАДЗЕМНОЙ И КАНАЛЬНОЙ ПРОКЛАДКИ  
ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ**

**ПО ТЕХНИЧЕСКИМ УСЛОВИЯМ  
ТУ ВУ 691455872.003-2018**

**Первая редакция**

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата
--------------	----------------	--------------	--------------	----------------

**СОГЛАСОВАНО**  
Главный инженер  
ОАО «ВНИПИэнергопром»

Л.А. Тутыхин

«     »                             2015

**РАЗРАБОТАНО**  
Заместитель Главного инженера  
ОАО «ВНИПИэнергопром»

И.Б. Новиков

«     » «                             »2015

Заместитель Главного инженера  
ОАО «ВНИПИэнергопром»

С.В. Романов

«     » «                             »2015  
Начальник отдела стандартизации  
инормирования  
ОАО «ВНИПИэнергопром»

Е.В. Савушкина

«     » «                             »2015

**Москва, 2018**

# 1 Предисловие

Сведения о руководящем документе

РАЗРАБОТАН специалистами ОАО «ВНИПИэнергопром», ООО НПП «ЭНЕРГОСИСТЕМЫ» и ООО «МАРИЛЕНД-БЕЛ»:

С.В. Романов (ОАО «ВНИПИэнергопром»);  
И.Б. Новиков (ОАО «ВНИПИэнергопром»);  
Е.В. Фомичева (ОАО «ВНИПИэнергопром»);  
Е.В. Кружечкина (ОАО «ВНИПИэнергопром»);  
А.В. Супрун (ООО «МАРИЛЕНД-БЕЛ»);  
В.Г. Шутько (ООО «МАРИЛЕНД-БЕЛ»);

Настоящий руководящий документ (далее по тексту РД) разработан для квалифицированного проектирования, ведения строительных работ и эксплуатации тепловых сетей с применением сильфонных компенсаторов.

В настоящее время сильфонные компенсаторы представляют собой наиболее эффективные компенсирующие устройства, обеспечивающие снижение напряжений, возникающих в трубопроводах в результате перемещений элементов трубопровода от изменения температуры транспортируемой и окружающей сред.

Сильфонные компенсаторы имеют малые габаритные размеры, просты при монтаже, могут устанавливаться в любом месте трубопровода при любом способе его прокладки, в том числе и бесканальной, не требуют строительства камер и обслуживания в течение всего срока эксплуатации. Срок службы сильфонных компенсаторов соответствует сроку службы основного трубопровода.

Основной элемент сильфонного компенсатора – многослойный сильфон – упругая осесимметричная гофрированная металлическая оболочка, способная растягиваться, сжиматься, изгибаться или сдвигаться под действием давления, температуры, силы или момента силы.

В зависимости от этих деформаций сильфонные компенсаторы разделяются на три группы: осевые (растяжение-сжатие), боковые (относительный сдвиг) и угловые (относительный поворот).

Настоящий РД оптимизирован для нужд проектных, строительных и эксплуатирующих организаций и основан на опыте применения предыдущих Руководящих документов, выпущенных в сфере применения сильфонных компенсаторов и сформирован с учетом замечаний и предложений ведущих проектных и теплоснабжающих организаций.

Инов. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инов. № дубл.	Подпись и дата
---------------	----------------	--------------	---------------	----------------

					<b>РД-17-ВЭП</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		2

## 2 Содержание

1	Предисловие .....	2
2	Содержание.....	3
3	Введение.....	5
4	Нормативные ссылки .....	5
5	Термины и определения.....	7
6	Общие положения.....	10
7	Общие требования к компенсаторам.....	17
8	Приемка и контроль качества сильфонных компенсаторов и сильфонных компенсирующих устройств. ....	23
9	Требования к проектированию тепловых сетей с применением сильфонных компенсаторов. ....	23
9.1	Общие требования.....	23
9.2	Методика выбора компенсатора и схемы размещения компенсаторов и опор ...	24
9.3	Методики расчёта. ....	32
9.3.1	Расчет деформаций трубопровода .....	33
9.3.2	Расчет предельно допустимой длины участка трубопровода. ....	34
9.3.3	Расчет максимальной длины участка трубопровода между двумя неподвижными опорами с применением СК или СКУ. ....	36
9.3.4	Расчёт нагрузок на неподвижные опоры.....	39
9.3.5	Расчет живучести системы с применением СК и СКУ.....	42
9.3.6	Расчёт устойчивости системы с применением СК и СКУ. ....	44
9.3.7	Расчет монтажной длины компенсатора.....	46
10	Требования к ведению строительства тепловых сетей с осевыми СК и СКУ. ....	47
10.1	Общие требования.....	48
10.2	Ведение земляных работ.....	48
10.3	Монтаж трубопроводов с осевыми СК и СКУ.....	49
10.4	Монтаж стартовых сильфонных компенсаторов. ....	52
10.5	Тепловая изоляция осевых СК и СКУ. Изоляция стыковых соединений. ....	53
10.6	Монтаж системы оперативного дистанционного контроля.....	55
11	Требования к испытаниям тепловых сетей с сильфонными компенсаторами и сильфонными компенсирующими устройствами.....	56
11.1	Общие положения. ....	56
11.2	Промывка тепловых сетей. ....	57
11.3	Проверка качества сварных соединений. ....	57

Подпись и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подпись и дата	
Инв. № подл.	

					<b>РД-17-ВЭП</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		3

11.4	Гидравлические испытания трубопроводов с СК и СКУ. ....	57
11.5	Испытания системы оперативного дистанционного контроля. ....	57
12	Требования к эксплуатации тепловых сетей с применением сифонных компенсаторов. ....	58
13	Требования к ремонтно-восстановительным работам тепловых сетей с сифонными компенсаторами и сифонными компенсирующими устройствами. ....	59
14	Требования к безопасности при монтаже и эксплуатации сифонных компенсаторов и сифонных компенсирующих устройств .....	61
14.1	Требования к безопасности при монтаже. ....	61
14.2	Требования к безопасности при эксплуатации.....	61
14.3	Экологическая безопасность. ....	61
15	Требования к транспортировке и хранению сифонных компенсаторов и сифонных компенсирующих устройств. ....	62
16	Требования к демонтажу и утилизации сифонных компенсаторов и сифонных компенсирующих устройств .....	63
	Библиография.....	64
	Приложение А (рекомендуемое). Схемы строповки осевых СК и СКУ при выполнении погрузочно-разгрузочных работ.....	65
	Приложение Б (справочное). Расчётные формулы для определения суммарных горизонтальных нагрузок на неподвижные опоры труб.....	66
	Приложение В(справочное). Номенклатура продукции.....	72

Инов. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инов. № дубл.	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>РД-17-ВЭП</b>	Лист
						4

### 3 Введение

Настоящий Руководящий документ (далее – РД) разработан для принятия квалифицированных технических решений при проектировании, строительстве и эксплуатации тепловых сетей с использованием осевых сильфонных компенсаторов (далее по тексту СК) и сильфонных компенсирующих устройств (далее по тексту SKU), изготовленных по ТУ ВУ 691455872.003-2018 для нужд ООО «МАРИЛЕНД-БЕЛ». Настоящий руководящий документ разработан в соответствии с ГОСТ 1.5-2001 (с изменением №1), ГОСТ Р 1.4-2004 и ГОСТ Р 1.5-2012.

### 4 Нормативные ссылки

В настоящем РД использованы нормативные ссылки на следующие стандарты и классификаторы:

- ГОСТ Р 1.4-2004 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организации. Общие положения.
- ГОСТ Р 1.5-2012 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные Российской Федерации. Правила построения, изложения, оформления и обозначения.
- ГОСТ Р 15.201–2000 Система разработки и постановки продукции на производство. Продукция производственно-технического назначения. Порядок разработки и постановки продукции на производство.
- ГОСТ Р 51571–2000 Компенсаторы и уплотнения сильфонные. Общие технические требования.
- ГОСТ 1050–2013 Прокат сортовой, калиброванный, со специальной отделкой поверхности из углеродистой качественной конструктивной стали. Общие технические условия.
- ГОСТ 10354-82. Пленка полиэтиленовая. Технические условия.
- ГОСТ 10704-91. Трубы стальные электросварные прямошовные. Сортамент.
- ГОСТ 12.3.009-76 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности.
- ГОСТ 12.3.020-80 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Процессы перемещения грузов на предприятиях. Общие требования безопасности.
- ГОСТ 14192-96 Маркировка грузов.
- ГОСТ 1.5-2001 Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Общие требования к построению, изложению, оформлению, содержанию и обозначению (с Изменением №1).
- ГОСТ 15150–69 Машины и приборы и другие технические изделия. Исполнение для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды.
- ГОСТ 15.309-98 Система разработки и постановки продукции на производство (СРПП). Испытания и приемка выпускаемой продукции. Основные положения.
- ГОСТ 19281–2014 Прокат стали повышенной прочности. Технические условия.
- ГОСТ 20072–74 Сталь теплоустойчивая. Технические условия.
- ГОСТ 20295-85 Трубы стальные сварные для магистральных газонефтепроводов. Технические условия.
- ГОСТ 22743–85 Сильфоны. Термины, определения и буквенные обозначения.
- ГОСТ 24297-2013 Верификация закупленной продукции. Организация проведения и методы контроля.

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>РД-17-ВЭП</b>	Лист
											5

- ГОСТ 25756–83 Компенсаторы и уплотнения сильфонные. Термины и определения.
- ГОСТ 27.002–89 Надёжность в технике. Основные понятия. Термины и определения.
- ГОСТ 28338-89. Соединения трубопроводов и арматура. Номинальные диаметры. Ряды.
- ГОСТ 28697–90 Программа и методика испытаний сильфонных компенсаторов и уплотнений. Общие требования.
- ГОСТ 29329-92 Весы для статического взвешивания. Общие технические требования.
- ГОСТ 30732–2006 Трубы и фасонные изделия стальные с тепловой изоляцией из пенополиуретана с защитной оболочкой.
- ГОСТ 32935-2014 Компенсаторы сильфонные металлические для тепловых сетей. Общие технические условия.
- ГОСТ 33259-2015 Фланцы арматуры, соединительных частей и трубопроводов на номинальное давление до PN 250. Конструкция, размеры и общие технические требования.
- ГОСТ 356–80 Арматура и детали трубопроводов. Давления условные, пробные и рабочие. Ряды.
- ГОСТ 380 – 2005 Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки.
- ГОСТ 4543–71 Прокат из легированной конструкционной стали. Технические условия.
- ГОСТ 5520–79 Прокат листовой из углеродистой, низколегированной и легированной стали для котлов и сосудов, работающих под давлением. Технические условия.
- ГОСТ Р 56227-2014 Трубы и фасонные изделия стальные в пенополимерминеральной изоляции. Технические условия.
- ГОСТ 5632–2014 Стали высоколегированные и сплавы коррозионностойкие, жаростойкие и жаропрочные, Марки.
- ГОСТ 6032–2003 Стали и сплавы коррозионностойкие. Методы испытаний на стойкость к межкристаллитной коррозии.
- ГОСТ 7350–77 Сталь тонколистовая коррозионностойкая, жаростойкая и жаропрочная. Технические условия.
- ГОСТ 8731–74 Трубы стальные бесшовные горячедеформированные. Технические требования.
- ГОСТ 8732-78 Трубы стальные бесшовные горячедеформированные. Сортамент.
- ГОСТ 9045–93 Прокат тонколистовой холоднокатаный из низкоуглеродистой качественной стали для холодной штамповки Технические условия.
- Градостроительный кодекс Российской Федерации №190-ФЗ от 29 декабря 2004.
- СП 131.13330.2011 «СНиП 23-01–99\* “Строительная климатология”. Актуализированная редакция».
- СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\*».
- СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений» актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83 ».
- СП 25.13330.2012 «СНиП 2.02.04-88 «Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах» актуализированная редакция».
- СП 45.13330.2012 «СНиП 3.02.01-87 «Земляные сооружения, основания и фундаменты» актуализированная редакция».
- ТУ ВУ 691455872.003-2018 «КОМПЕНСАТОРЫ СИЛЬФОННЫЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ДЛЯ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ, ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ, ВОДОПРОВОДОВ И ПАРОПРОВОДОВ».

*Примечание – При пользовании настоящим руководящим документом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов по указателю "Национальные стандарты", составленному на 1 января текущего года, и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в*

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	РД-17-ВЭП	Лист
						6
					Изм.	Лист
					№ докум.	Подп.
					Дата	

текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться замененным (измененным) стандартом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

## 5 Термины и определения

В настоящем РД применены следующие термины с соответствующими определениями:

**бесканальная прокладка** – прокладка трубопроводов непосредственно в грунте.

**герметичность** – способность сильфонного компенсатора (сильфонного компенсирующего устройства) и отдельных их элементов и соединений препятствовать газовому или жидкостному обмену между разделенными средами.

**жесткость** – сопротивление силе в сильфонном компенсаторе, необходимой для достижения сдвига, осевого или углового хода. [ГОСТ 25756-83, термин29].

**исправное состояние (исправность) сильфонного компенсатора (сильфонного компенсирующего устройства)** – состояние объекта, при котором он соответствует всем требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации. [ГОСТ 27.002–89, статья 2.1].

**испытательная среда** – среда, используемая для контроля сильфонных компенсаторов (сильфонных компенсирующих устройств).

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

**критерий предельного состояния** – признак, или совокупность признаков предельного состояния объекта, установленных нормативно-технической документацией и (или) конструкторской (проектной) документацией. [ГОСТ 27.002–89, статья 2.6]

**компенсатор сильфонный осевой (КСО)** – устройство, состоящее из сильфона и арматуры, способное поглощать или уравнивать осевые относительные движения определенной величины и частоты, возникающие в герметично соединяемых конструкциях и проводить в этих условиях пар, жидкости и газы.

**назначенный срок службы** – календарная продолжительность эксплуатации, при достижении которой эксплуатация объекта должна быть прекращена независимо от его технического состояния.

*Примечание* – По истечении назначенного срока службы (ресурса), в зависимости от назначения объекта, особенности эксплуатации, технического состояния и других факторов объект может быть списан, направлен в средний или капитальный ремонт, передан для применения не по назначению, или может быть принято решение об установлении нового назначенного срока (ресурса) и о продолжении эксплуатации. [ГОСТ 27.002–89, статья 4.10].

**наработка сильфонного компенсатора (сильфонного компенсирующего устройства)** – продолжительность работы сильфонного компенсатора (сильфонного компенсирующего устройства) в циклах.

**окружающая среда** – среда, внешняя по отношению к сильфонным компенсаторам (сильфонным компенсирующим устройствам), определяющая ряд эксплуатационных требований к сильфонным компенсаторам (например, герметичность), параметры которой (температура, давление, химический состав, влажность и др.) учитываются при установлении технических характеристик сильфонных компенсаторов (сильфонных компенсирующих устройств).

Интв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Интв. № дубл.	Подпись и дата	<b>РД-17-ВЭП</b>					Лист
										7
					Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	



**отказ** – событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта [ГОСТ 27.002–89, статья 3.3].

**предельное состояние** – состояние сильфонного компенсатора (сильфонного компенсирующего устройства), при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна.

**пробное давление  $P_{пр}$**  – избыточное давление, при котором следует проводить гидравлическое испытание сильфонного компенсатора (сильфонного компенсирующего устройства) на прочность водой при температуре не менее 278K (5°C) и не более 343K (70°C), если в документации не указана другая температура.

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

**приемо-сдаточные испытания** – контрольные испытания продукции при приемочном контроле.

**проводимая среда** – среда, протекающая через сильфонные компенсаторы (сильфонные компенсирующие устройства).

**работоспособное состояние** – состояние объекта, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативной и (или) конструкторской (проектной) документацией. [ГОСТ 27.002–89, статья 2.3].

**рабочее давление  $P_p$**  – наибольшее избыточное давление, при котором возможна длительная работа сильфонного компенсатора (сильфонного компенсирующего устройства) при выбранных материалах и заданной температуре.

**ресурс** – суммарная наработка сильфонного компенсатора (сильфонного компенсирующего устройства) от начала эксплуатации до наступления предельного состояния.

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

**сильфон** – осесимметричная упругая оболочка, разделяющая среды и способная под действием давления, температуры, силы или момента силы совершать линейные, сдвиговые, угловые перемещения или преобразовывать давление в усилие [ГОСТ 22743-85, термин1].

**сильфонное компенсирующее устройство (СКУ)** – устройство, состоящее из одного или нескольких сильфонных компенсаторов, заключенных в корпус или ряд корпусов, обеспечивающих выполнение компенсаторами своих функций и защищающих компенсаторы от внешних воздействий.

**сильфонный компенсатор (СК)** – устройство, состоящее из сильфона (сильфонов) и арматуры, способное поглощать или уравнивать относительные движения определенной величины и частоты, возникающие в герметично соединяемых конструкциях и проводить в этих условиях пар, жидкости и газы [ГОСТ 25756-83, термин1].

**система оперативного дистанционного контроля (СОДК)** – система, предназначенная для контроля состояния теплоизоляционного слоя пенополиуретана предварительно изолированных трубопроводов и обнаружения участков с повышенной влажностью изоляции.

**срок службы** – календарная продолжительность эксплуатации сильфонного компенсатора (сильфонного компенсирующего устройства) от ее начала до наступления предельного состояния.

**срок службы тепловых сетей** – период времени в календарных годах со дня ввода в эксплуатацию, по истечении которого следует провести экспертное обследование технического

Интв. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Интв. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

					<b>РД-17-ВЭП</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		8

состояния трубопровода с целью определения допустимости, параметров и условий дальнейшей эксплуатации трубопровода или необходимости его демонтажа.

**стартовый сильфонный компенсатор (ССК)** – компенсатор сильфонный осевой, работающий только на сжатие, применяется для компенсации температурных напряжений при вводе трубопровода в эксплуатацию, в рабочем состоянии не передает распорных усилий на трубопровод.

**тепловая сеть** – совокупность устройств, предназначенных для передачи и распределения тепловой энергии и теплоносителя.

**тип сильфонных компенсаторов** – классификационная единица, характеризующаяся направлением воздействия соединяемых конструкций и определяющая основные конструктивные особенности сильфонных компенсаторов.

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

**типоразмерный ряд** – группа сильфонов одинаковых значений **DN** и **PN**, имеющих однотипное конструктивное решение.

**условное давление PN, кгс/см<sup>2</sup>** – наибольшее избыточное рабочее давление при температуре проводимой среды 293K (20°C), при котором обеспечивается заданный срок службы (ресурс) сильфонного компенсатора (сильфонного компенсирующего устройства), имеющего определенные размеры, обоснованные расчетом на прочность при выбранных материалах и характеристиках их прочности при температуре 293K (20°C).

**условный проход DN, мм** – параметр, применяемый для трубопроводных систем в качестве характеристики сильфонных компенсаторов (сильфонных компенсирующих устройств).

**цикл деформации сильфонного компенсатора (сильфонного компенсирующего устройства)** – единичный процесс перемещения одной присоединительной поверхности сильфонного компенсатора (сильфонного компенсирующего устройства) относительно другой и возвращение их в исходное положение. [ГОСТ 25756-83, термин40].

Интв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Интв. № дубл.	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>РД-17-ВЭП</b>	Лист
						9

## 6 Общие положения

6.1 Настоящий руководящий документ (далее РД) распространяется на компенсаторы сильфонные осевые металлические многослойные СК и СКУ от  $DN$  50мм до  $DN$  1200мм и  $PN$  до 2,5МПа (25 кгс/см<sup>2</sup>), изготовленные по ТУ ВУ 691455872.003-2018, применяемые в тепловых сетях и устанавливает общие требования к конструкции, местам размещения и методам расчета сильфонных компенсаторов и сильфонных компенсирующих устройств трубопроводов тепловых сетей, паропроводов и трубопроводов горячей воды (далее трубопроводы).

6.2 Настоящий РД разработан в соответствии с действующими на территории Российской Федерации СНиП 10-01-2003 «Система нормативных документов в строительстве».

6.3 РД содержит рекомендации по применению компенсаторов сильфонных осевых многослойных металлических СК и СКУ по техническим условиям ТУ ВУ 691455872.003-2018, изготавливаемых в ООО «МАРИЛЕНД-БЕЛ» для обеспечения эффективной защиты трубопроводов от напряжений, превышающих допустимые, возникающие при температурных деформациях трубопроводов.

6.4 Осевые СК и СКУ, изготовленные по ТУ ВУ 691455872.003-2018 соответствуют требованиям [1].

6.5 Осевые СК и СКУ по ТУ ВУ 691455872.003-2018 соответствуют требованиям ГОСТ 32935.

6.6 Осевые СКУ в пенополиуретановой изоляции изготовлены в соответствии с требованиями ГОСТ 30732.

6.7 Осевые СК и СКУ могут эксплуатироваться в районах с сейсмичностью до 9 баллов в соответствии с требованиями СП 124.13330 и в районах с расчетной температурой не ниже минус 50 С°.

6.8 По виду климатического исполнения осевые СК и СКУ могут эксплуатироваться в районах УХЛ с категорией размещения 1 по ГОСТ 15150.

6.9 Срок службы трубопроводов и их элементов устанавливается на основании поверочных расчетов на циклическую прочность деталей стальных трубопроводов (компенсаторов, тройников, отводов и т.д.). Поверочный расчет собственно прямого стального трубопровода разрешается не производить, если повреждаемость от действия всех видов нагрузок удовлетворяет одновременно двум условиям: циклической прочности (малоциклового усталости) и допускаемой величине напряжения в трубопроводе от суммарной нагрузки:

$$\sum \frac{Ц_i}{[Ц]_i} \leq 1; \quad \frac{\sigma_{сус}}{[\sigma]} \leq 1$$

где:

$Ц_i$  — число циклов нагружения данного типа;

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

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

$[\sigma]$  — номинальное допускаемое напряжение.

Изн. № подл.						<b>РД-17-ВЭП</b>	Лист
Подпись и дата							10
Взам. инв. №							
Изн. № дубл.							
Подпись и дата							

6.10 При применении трубопроводов в пенополиуретановой теплоизоляции (в ППУ-изоляции), срок службы теплопроводов определяется по ГОСТ 30732 и зависит от рабочей температуры теплоносителя и длительности отопительного сезона в климатической зоне эксплуатации трубопровода.

6.11 Осевые СК и СКУ относятся к группе неремонтируемых изделий. Сроки их службы устанавливаются по следующим критериям:

- а) по содержанию хлоридов в транспортируемой среде (до 250 мг/л);
- б) по назначенной наработке полных и неполных циклов в течение всего срока службы (проектной, циклической и температурной нагрузки трубопровода);
- в) с учетом климатологических данных местности, вида прокладки теплопровода и конструктивных особенностей компенсаторов (установка компенсаторов на открытом воздухе допускается в местностях с расчетной температурой наружного воздуха не ниже минус 50<sup>0</sup>С).

6.12 Для компенсаторов, разработанных и изготовленных другими предприятиями по другим техническим условиям, применение норм, указанных в настоящем РД, не допускается.

6.13 Типы осевых СК и СКУ, в соответствии с маркировкой ООО «МАРИЛЕНД-БЕЛ», приведены в Таблице 1:

Таблица 1 – Типы СК и СКУ

Тип изделия	Конструкционное исполнение	Применение, условия эксплуатации
Сильфоны	Сильфоны с материальным исполнением 1 или 2 по ГОСТ 32935 и ресурсом при полном ходе не менее 10 циклов	Для изготовления СК и СКУ с предельной температурой применения для исполнения 1 от минус 40 до 170 °С (для 08Ю от минус 30 до 150 °С), для исполнения 2 от минус 50 до 450 °С
КСО.МБ.00	СК, состоящий из сильфона и присоединительных патрубков под приварку к трубопроводу	СК предназначены для установки в теплопроводы и паропроводы при наземной прокладке, внутри помещений, а также в проходных каналах, тепловая изоляция которых наносится после монтажа различными теплоизоляционными материалами. Не допускается заполнение пространства между гофрами сильфона изоляционными и другими материалами. Для теплоизоляции сильфона необходима установка защитного кожуха. При применении СК в трубопроводе обязательна установка двух пар направляющих опор. Внутренний патрубок устанавливается при скорости рабочей среды: для воды больше 8 м/с, для пара больше 40 м/с
КСО.МБ.10, КСО.МБ.20	СК, состоящий из сильфона и присоединительных патрубков под приварку к трубопроводу, с установленным одинарным или двойным телескопическим внутренним направляющим патрубком	

Инов. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Инов. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

<b>РД-17-ВЭП</b>					Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	11

<table border="1"> <tr> <td>Инов. № подл.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Подпись и дата</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Взам. инв. №</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Инов. № дубл.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Подпись и дата</td> <td></td> </tr> </table>	Инов. № подл.		Подпись и дата		Взам. инв. №		Инов. № дубл.		Подпись и дата		КСО.МБ.01	СК, состоящий из сильфона и присоединительных патрубков под приварку к трубопроводу, с установленным стандартным защитным кожухом	СК предназначены для установки в теплопроводы и паропроводы при наземной прокладке, внутри помещений, а также при подземной прокладке в тоннелях, проходных и непроходных каналах и тепловых камерах, тепловая изоляция которых наносится после монтажа различными теплоизоляционными материалами. Стандартный защитный кожух предназначен для упрощения нанесения теплоизоляции и защиты сильфона от механических повреждений. При применении СК в трубопроводе обязательна установка двух пар направляющих опор. Внутренний патрубок устанавливается при скорости рабочей среды: для воды больше 8 м/с, для пара больше 40 м/с
	Инов. № подл.												
	Подпись и дата												
	Взам. инв. №												
	Инов. № дубл.												
Подпись и дата													
КСО.МБ.11, КСО.МБ.21	СК, состоящий из сильфона и присоединительных патрубков под приварку к трубопроводу, с установленным стандартным защитным кожухом и одинарным или двойным телескопическим внутренним направляющим патрубком												
КСО.МБ.02, 2КСО.МБ.02	Одно- и двухблочный СК, состоящий из сильфона и присоединительных патрубков под приварку к трубопроводу, с установленным усиленным защитным кожухом и стандартными наружными направляющими. Конструкцией предусмотрены ограничители хода, предохраняющие сильфон от сверхдопустимых растяжений	СК предназначены для установки в трубопроводы при наземной прокладке, внутри помещений, а также при подземной прокладке в тоннелях, проходных и непроходных каналах и тепловых камерах. Рекомендуются для замены сальниковых компенсаторов, при установке в существующие тепловые камеры. Тепловая изоляция СК выполняется после их монтажа одновременно с теплоизоляцией теплопровода. Допускается нанесение теплоизоляции на кожух компенсатора. Гидроизоляция от попадания грунтовых вод внутрь СК конструкцией не предусмотрена. Обязательна установка одной пары направляющих опор на расстоянии 2÷4 DN от компенсатора. Необходимость установки направляющих опор на расстоянии 14÷16 DN определяется по результатам расчета трубопровода на устойчивость											
КСО.МБ.03, 2КСО.МБ.03	Одно- и двухсильфонный СК, состоящий из сильфона и присоединительных патрубков под приварку к трубопроводу, со стандартным двойным (телескопическим) защитным кожухом, и внутренним направляющим патрубком. Конструкцией предусмотрено ограничение от сверхдопустимых деформаций сильфона (ограничители сжатия-растяжения)												
КСО.МБ.04, 2КСО.МБ.04	Одно- и двухсильфонный СК, состоящий из сильфона и												
Инов. № подл.	<b>РД-17-ВЭП</b>		Лист 12										
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата									

Инов. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инов. № дубл.	Подпись и дата

	<p>присоединительных патрубков под приварку к трубопроводу, с усиленным двойным (телескопическим) защитным кожухом, и внутренним направляющим патрубком. Конструкцией предусмотрено ограничение от сверхдопустимых деформаций сальфона (ограничители сжатия-растяжения)</p>	
СКУ.М.МБ, 2СКУ.М.МБ	<p>Одно- и двухсальфонное СКУ, состоящее из сальфона и присоединительных патрубков под приварку к трубопроводу, с ограничителями хода, со стандартными или усиленными кожухом и направляющими, без гидроизоляции и без заводской теплоизоляции патрубков. Сальфон может быть теплоизолирован</p>	<p>Предназначены для установки в теплопроводы при наземной прокладке, внутри помещений, а также при подземной прокладке в тоннелях, проходных и непроходных каналах и тепловых камерах, тепловая изоляция которых наносится после монтажа различными теплоизоляционными материалами. При выборе конструкции с усиленными кожухом не требуют установки направляющих опор. При выборе конструкции со стандартным кожухом – требуют установки одной пары направляющих опор на расстоянии 2÷4 DN от СКУ. Необходимость установки второй пары направляющих опор на расстоянии 14÷16 DN определяется по результатам расчета трубопровода на устойчивость</p>
СКУ.ППУ.МБ/ПЭ.С.1, 2СКУ.ППУ.МБ/ПЭ.С.1	<p>Одно- и двухсальфонное СКУ, состоящее из сальфона и присоединительных патрубков под приварку к трубопроводу, с ограничителями хода, со стандартным кожухом, с гидроизоляцией сальниковой набивкой и заводской теплоизоляцией патрубков пенополиуретаном в ПЭ-оболочке. Изготавливаются с проводниками СОДК</p>	<p>Предназначены для установки в теплопроводы с заводской теплоизоляцией из пенополиуретана в полиэтиленовой оболочке при бесканальной прокладке в грунтах с низким уровнем грунтовых вод и при эксплуатации в непроходных каналах, оборудованных дренажной системой, и не подверженных затоплению грунтовыми, сточными или ливневыми водами. При применении СКУ в трубопроводе обязательна установка двух пар направляющих опор</p>
СКУ.ППУ.МБ/ПЭ.МС.1, 2СКУ.ППУ.МБ/ПЭ.МС.1	<p>Одно- и двухсальфонное СКУ, состоящее из сальфона и</p>	<p>Предназначены для установки в теплопроводы с заводской</p>

<b>РД-17-ВЭП</b>					Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	13

Инд. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Инд. № дубл.
Подпись и дата	

	<p>присоединительных патрубков под приварку к трубопроводу, с ограничителями хода, с стандартными кожухом и направляющими, с двойной гидроизоляцией сальниковой набивкой и силиконовой мембраной и заводской теплоизоляцией патрубков пенополиуретаном в ПЭ-оболочке. Изготавливаются с проводниками СОДК</p>	<p>теплоизоляцией из пенополиуретана в полиэтиленовой оболочке при бесканальной прокладке в грунтах с высоким уровнем грунтовых вод и при эксплуатации в непроходных каналах, необорудованных дренажной системой, и подверженных затоплению грунтовыми, сточными или ливневыми водами. При применении СКУ в трубопроводе обязательна установка двух пар направляющих опор</p>
СКУ.ППУ.МБ/ПЭ.МС.2, 2СКУ.ППУ.МБ/ПЭ.МС.2	<p>Одно- и двухсильфонное СКУ, состоящее из сильфона и присоединительных патрубков под приварку к трубопроводу, с ограничителями хода, с усиленными кожухом и направляющими, с двойной гидроизоляцией сальниковой набивкой и силиконовой мембраной и заводской теплоизоляцией патрубков пенополиуретаном в ПЭ-оболочке. Сильфон может быть теплоизолирован. Изготавливаются с проводниками СОДК</p>	<p>Предназначены для установки в теплопроводы с заводской теплоизоляцией из пенополиуретана в полиэтиленовой оболочке при бесканальной прокладке в грунтах с высоким уровнем грунтовых вод и при эксплуатации в непроходных каналах, необорудованных дренажной системой, и подверженных затоплению грунтовыми, сточными или ливневыми водами. Не требуют установки направляющих опор на расстоянии 2÷4 DN от СКУ. Необходимость установки направляющих опор на расстоянии 14÷16 DN определяется по результатам расчета трубопровода на устойчивость</p>
СКУ.ППУ.МБ/ОЦ.С.1, 2СКУ.ППУ.МБ/ОЦ.С.1	<p>Одно- и двухсильфонное СКУ, состоящее из сильфона и присоединительных патрубков под приварку к трубопроводу, с ограничителями хода, с стандартным кожухом, с гидроизоляцией сальниковой набивкой и заводской теплоизоляцией патрубков пенополиуретаном в стальной оболочке. Изготавливаются с проводниками СОДК</p>	<p>Предназначены для установки в теплопроводы с заводской теплоизоляцией из пенополиуретана в стальной оболочке при наземной прокладке, внутри помещений, а также при прокладке в проходных каналах. При применении СКУ в трубопроводе обязательна установка двух пар направляющих опор</p>
СКУ.ППМ.МБ, 2СКУ.ППМ.МБ	<p>Одно- и двухсильфонное СКУ, состоящее из сильфона и присоединительных патрубков под приварку к трубопроводу, с ограничителями хода, с</p>	<p>Предназначены для установки в теплопроводы с пенополиминеральной теплоизоляцией при всех способах прокладки, в т.ч. бесканальной. При</p>

<b>РД-17-ВЭП</b>					Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	14

Инд. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Индв. № дубл.	Подпись и дата

	<p>легкими или усиленными кожухом и направляющими, с гидроизоляцией сальниковой набивкой и (или) силиконовой мембраной и без заводской теплоизоляции патрубков. Сильфон может быть теплоизолирован. Установлена центрирующая гильза под пенополиминеральную теплоизоляцию патрубков</p>	<p>выборе конструкции с усиленными кожухом не требуют установки направляющих опор на расстоянии 2÷4 DN от СКУ. Необходимость установки направляющих опор на расстоянии 14÷16 DN определяется по результатам расчета трубопровода на устойчивость</p>
СКУ.ТГИ.МБ, 2СКУ.ТГИ.МБ	<p>Одно- и двухсильфонное СКУ, состоящее из сильфона и присоединительных патрубков под приварку к трубопроводу, с ограничителями хода, с стандартными кожухом и направляющими, с двойной гидроизоляцией сальниковой набивкой и силиконовой мембраной без заводской теплоизоляцией патрубков пенополиуретаном в ПЭ-оболочке. Изготавливаются с проводниками СОДК</p>	<p>Предназначены для установки в теплопроводы с заводской теплоизоляцией из пенополиуретана в полиэтиленовой оболочке при бесканальной прокладке в грунтах с высоким уровнем грунтовых вод и при эксплуатации в непроходных каналах, необорудованных дренажной системой, и подверженных затоплению грунтовыми, сточными или ливневыми водами. При применении СКУ в трубопроводе обязательна установка двух пар направляющих опор</p>
ССК.МБ	<p>СК, состоящий из сильфона (работающего только на сжатие), патрубков под приварку к трубопроводу, и двух толстостенных наружных кожухов, приваренных через опорные кольца к патрубкам</p>	<p>ССК предназначены для частичной разгрузки трубопроводов от тепловых нагрузок. ССК устанавливается между двумя неподвижными опорами, после чего трубопровод заполняется теплоносителем и нагревается до температуры, равной 50% от максимальной рабочей. ССК сжимается на величину рабочего хода, и после выдержки при указанной температуре кожуха завариваются между собой. При этом сильфон ССК исключается из дальнейшей работы, и трубопровод остается в эксплуатации в напряженном состоянии. ССК после заварки кожухов не передает распорные усилия на трубопровод</p>
Компенсаторы стояковые	<p>СК, состоящий из сильфона и присоединительных патрубков под приварку к трубопроводу, с ограничителем (индикатором)</p>	<p>Предназначены для компенсации теплового расширения прямолинейных участков вертикальных трубопроводов в</p>

<b>РД-17-ВЭП</b>					Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	15



	хода, с установленным стандартным защитным кожухом и внутренним направляющим патрубком	системах отопления и горячего водоснабжения многоэтажных высотных зданий
--	--	--

6.14 Пример записи условного обозначения сифонного компенсационного устройства для труб с ППУ изоляцией производства «Мариленд-Бел», в полиэтиленовой оболочке, с гидроизоляционной мембраной и сальниковым уплотнением, усиленное, с номинальным давлением 16 кг/см<sup>2</sup>, с номинальным диаметром (условным проходом) 1200 мм, с диаметром оболочки изоляции 1425 мм, с полным рабочим ходом 260 мм, с сифоном из нержавеющей стали, с патрубками из стали 20, с рабочей температурой до 150°С

«СКУ.ППУ.МБ/ПЭ.МС.2-16-1200/1425-260-2-2 ТУ ВУ 691455872.003-2018».

6.15 Предельно допустимые параметры транспортируемой среды:

Температура: для воды 150°С / для пара 450°С;

Скорость потока: для воды – 8 м/с / для пара 40м/с;

Давление: условное - до 2,5 МПа;

рабочее - до 2,5 МПа;

пробное - до 3,125 МПа.

Содержание хлор – ионов – до 250 мг/л.

При скорости потока проводимой среды выше указанной, в изделие должен быть установлен внутренний направляющий патрубок.

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

6.17 При проектировании систем централизованного теплоснабжения, определении оптимальной конфигурации разветвленных схем тепловых сетей, расчёте максимально допустимой заданным уровнем надёжности, протяжённости нерезервированных и тупиковых участков (по методике ОАО «ВНИПИЭнергопром» и Пермского Государственного Технического Университета) следует учитывать следующие количественные показатели надёжности конструкции компенсаторов:

– вероятность безотказной работы на уровне 0,95;

– готовность к нормальной работе на уровне 0,999.

6.18 Конструкции компенсаторов для трубопроводов тепловых сетей отвечают требованиям живучести по ГОСТ 27.002—89 и способны противостоять разрушению при критических отказах, связанных с вынужденным опорожнением трубопроводов в периоды нерасчётного понижения температуры наружного воздуха.

6.19 По устойчивости к механическим воздействиям осевые СК и СКУ выполнены в виброустойчивом исполнении и должны выдерживать динамические нагрузки в соответствии с ГОСТ Р 51571.

6.20 При строительстве тепловых сетей с применением осевых СК и СКУ, а также для изготовления присоединительных и переходных патрубков, рекомендуется применять стальные трубы, отвечающие требованиям [1] и СП 124.13330.2012 «Тепловые сети. Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003».

Подпись и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подпись и дата	
Инв. № подл.	

					<b>РД-17-ВЭП</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		16

6.21 Основные механические свойства металла труб, минимальная толщина стенки труб, смещение кромок заводских сварных швов труб, применяемых для тепловых сетей и соединительных патрубков осевых СК и СКУ, должны соответствовать данным материала, применяемого по [1] и [2].

6.22 Для изготовления патрубков осевых СК и СКУ применяются электросварные прямошовные и бесшовные трубы в регионах с расчетной температурой наружного воздуха для проектирования отопления:

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

6.23 Предельный минусовый допуск в зависимости от толщины стенки ( $S$ ), отклонение по наружному диаметру ( $D_n$ ) и допустимая овальность труб патрубков должны соответствовать данным материала по ГОСТ.

6.24 При применении труб, либо материала для изготовления труб (вальцованная обечайка), отсутствующих в [1] и [2], следует получить разрешение Ростехнадзора на основании положительного заключения специализированной организации (лаборатории), аккредитованной в установленном законодательством РФ порядке.

## 7 Общие требования к компенсаторам.

7.1 Компенсаторы должны изготавливаться по технологической документации, обеспечивающей качество изделий в соответствии с требованиями рабочих чертежей, ТУ ВУ 691455872.003-2018, а также в соответствии с ГОСТ 32935 и [1].

7.2 Конструкция СКУ должна обеспечивать:

- соосность сифонного компенсатора с трубопроводом;
- ограничение перемещений, превышающих величину полного рабочего хода сифона;
- защиту сифонов от загрязнений, внешних воздействий, поперечных усилий, изгибающих и крутящих моментов, механических повреждений и проникновений грунтовых вод, возникающих в процессе эксплуатации трубопроводов.

7.3 В комплект поставки входят:

- изделие в сборе;
- запасные части и комплектующие на конкретное изделие;
- техническая и сопроводительная документация.

В комплект технической и сопроводительной документации должны входить:

- паспорт;
- руководство по эксплуатации;
- инструкция по монтажу.

7.4 Маркировка на осевых СК и СКУ должна содержать следующие сведения:

- наименование предприятия – изготовителя или товарный знак;
- заводской номер изделия;
- обозначение изделия;
- месяц и год изготовления;
- масса изделия;
- ТУ на изделие;
- значение условного (номинального) давления;

Интв. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Интв. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

					<b>РД-17-ВЭП</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		17

- значение условного (номинального) диаметра;
- значение максимальной температуры (при необходимости);
- направление движения транспортируемой среды (при необходимости);
- клеймо ОТК.

Способ нанесения маркировки должен обеспечивать ее сохранность в период всего срока эксплуатации изделия.

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

7.6 Детали осевых СК и СКУ при обычных условиях не выделяют вредных веществ и не представляют опасности для жизни и здоровья человека и для окружающей среды.

7.7 Осевые СК и СКУ относятся к взрывобезопасным изделиям, их конструкция не вызывает искрообразования в работе.

7.8 Осевые СК и СКУ не требуют обслуживания в период эксплуатации и относятся к группе неремонтируемых изделий.

7.9 Полный назначенный срок службы осевых СК и СКУ составляет 30 лет, если другой срок не оговорен в техническом задании, при условии что за указанный срок компенсатор не совершит количество циклов назначенной наработки, а содержание хлоридов в транспортируемой среде не превысит 250 мг/л.

7.10 Назначенная наработка осевых СК и СКУ в пределах срока службы соответствует требованиям ГОСТ 32935 и суммарно составляет:

- не менее 10 циклов при растяжении – сжатии от минимального до максимального состояния под действием осевого усилия и внутреннего давления;
- не менее 150 циклов при растяжении – сжатии в пределах 70% величины полного рабочего хода от состояния при минимальной температуре проводимой среды до максимального состояния СКУ;
- не менее 10000 циклов при растяжении – сжатии в пределах 20% величины полного рабочего хода от любого первоначального состояния СКУ.

7.11 Назначенная наработка ССК составляет 1 цикл при вводе трубопровода в эксплуатацию; в период подготовки трубопровода к вводу в эксплуатацию (при монтаже) – не менее 100 циклов в пределах 15% величины от полного рабочего хода.

7.12 Гарантийный срок хранения до ввода в эксплуатацию составляет 5 лет с даты изготовления, при условии проведения переконсервации через каждые 24 месяца.

7.13 Гарантийный срок эксплуатации – 10 лет со дня отгрузки изготовителем, включая хранение, при условии соблюдения потребителем правил эксплуатации, транспортирования, хранения и монтажа, установленных требованиями настоящего РД и ТУ ВУ 691455872.003-2018, а также при качественном выполнении строительно – монтажных работ в соответствии с проектом.

7.14 Для изготовления СК и СКУ используются многослойные сильфоны, изготовленные методом гидравлической и механической формовки. Сильфон может иметь до 20 слоев. Толщина каждого слоя должна быть не более 1,0 мм.

7.15 Межслойное пространство сильфонов, применяемых для изготовления осевых СК и СКУ, должно быть герметично относительно внешней и внутренней сред, сильфоны должны быть термостойкими.

7.16 Многослойные сильфоны в процессе изготовления подвергаются испытаниям на герметичность межслойного пространства методом контрольного прогрева.

Интв. № подл.	Подпись и дата
Взам. интв. №	Интв. № дубл.
Подпись и дата	

<b>РД-17-ВЭП</b>					Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	18

7.17 В процессе производства перед приваркой патрубков многослойные сильфоны должны быть просушены в течение 4 часов с целью удаления влаги из межслойного пространства сильфона.

7.18 Поверхности сильфонов для изготовления СК и СКУ должны быть гладкими, чистыми, без вмятин, забоин и других следов механического воздействия, без трещин, отслоений, раковин, окалины и следов коррозии.

7.19 На поверхностях сильфонов допускаются следы от разъемов профилирующих колец оснастки величиной до 0,3мм и отпечатки в виде выступов и углублений величиной до 0,2мм без потери толщины элемента сильфона.

7.20 Для изготовления двухсильфонных СКУ должны быть использованы сильфоны из одной производственной партии. Под партией следует понимать группу сильфонов одного типоразмера, одновременно запущенных в производство, изготовленных по одному технологическому процессу из сырья одной марки, одновременно предъявленных к испытаниям.

7.21 Номинальные (условные) проходы DN – по ГОСТ28338.

7.22 Номинальные (условные), пробные и рабочие давления – по ГОСТ 356.

7.23 Основные параметры и размеры осевых СК и СКУ должны соответствовать размерам, указанным в таблицах Приложения В. Максимальные предельные отклонения строительной длины изделия  $L \pm 1\%$ . По согласованию с заказчиком может быть изменена строительная длина.

7.24 По требованию заказчика возможно создание индивидуального компенсирующего устройства с большей компенсирующей способностью.

7.25 Масса осевых СК и СКУ указывается в конструкторской документации на изделие. Допустимое отклонение массы  $M$  от указанных значений  $\pm 10\%$ . Контроль массы выполняется путем взвешивания изделий на весах по ГОСТ 29329, класс 3.

7.26 Конструкция осевых СК и СКУ должна обеспечивать работоспособность, герметичность, надежность и безопасность их эксплуатации в течение срока службы (количество циклов), который должен быть указан в Паспорте на изделие.

7.27 Осевые СК и СКУ в процессе изготовления подвергаются испытаниям на прочность при действии пробного давления  $P_{пр} = 1,25PN$ , но не менее 0,2 МПа.

7.28 Осевые СК и СКУ в процессе эксплуатации должны быть прочными и обеспечивать перемещения, предусмотренные ТУ ВУ 691455872.003-2018 при значениях амплитуд, приведённых в Приложении В.

7.29 Полный рабочий ход осевых СК и СКУ соответствует значению 100% амплитуде  $2\lambda_{1/2}$  рабочего хода при растяжении – сжатии от минимального до максимального состояния. Полный рабочий ход ССК соответствует значению  $\lambda_{1/2}$  на сжатие до максимального состояния.

7.30 Присоединительные размеры концевой арматуры под приварку по ГОСТ 20295, ГОСТ 10704, ГОСТ 8732, фланцев по ГОСТ 12820. Допускается выполнение концевой (присоединительной) арматуры по размерам заказчика в соответствии с требованиями безопасности объекта применения компенсаторов.

Отклонение от перпендикулярности торца патрубков под приварку относительно образующей не более 1,5мм для изделий до DN 500 и не более 2,0мм для изделий свыше DN 500.

Коэффициент местного сопротивления не более не более 0,33 для изделий от DN 50 по DN 250 и не более 0,2 для изделий свыше DN 250.

Подпись и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подпись и дата	
Инв. № подл.	

<b>РД-17-ВЭП</b>					Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	19

7.31 Осевые СК и СКУ в процессе изготовления подвергаются испытаниям на герметичность. Класс герметичности компенсаторов IV по ОСТ 5P.0170, устанавливается в конструкторской документации.

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

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

7.34 Пенополиуретановая изоляция, полиэтиленовая и оцинкованная оболочки СКУ должны соответствовать требованиям ГОСТ 30732.

7.35 Гидроизоляция СКУ может быть выполнена при помощи:

- сальникового уплотнения, ограничивающего попадание воды и исключающего попадание грязи на поверхность сильфона;
- силиконовой мембраны и её комбинации с сальниковым уплотнением, исключающих попадание воды и грязи на поверхность сильфона.

7.36 СКУ, применяемые для трубопроводов с пенополиуретановой изоляцией в полиэтиленовой оболочке должны быть оборудованы сигнальными проводниками системы оперативного дистанционного контроля (далее СОДК), обеспечивающими контроль герметичности сильфона в период его эксплуатации.

7.37 Сигнальные проводники СОДК внутри подвижной части СКУ должны иметь изоляционный слой (кембрик), количество и расположение относительно друг друга сигнальных проводников СОДК в соответствии с требованиями ГОСТ 30732, длина сигнальных проводников СОДК должна быть рассчитана с учетом максимальной амплитуды рабочего хода СКУ.

7.38 Электрическое сопротивление между соединенными сигнальными проводниками СОДК и стальными патрубками СКУ должно быть не менее 100МОм при испытательном напряжении не менее 500В.

7.39 Герметичность полиэтиленовой оболочки должна исключать возможность проникновения грунтовых вод и намокание пенополиуретановой изоляции, сильфонов, а также сигнальных проводников СОДК.

7.40 Разница между диаметром полиэтиленовой оболочки ППУ-трубы и диаметром тепловой изоляции кожухов СКУ не должна превышать 5%. Теплогидроизоляция СКУ не должна препятствовать свободному перемещению подвижной части СКУ относительно наружного защитного кожуха.

7.41 По требованию заказчика возможно нанесение антикоррозийной защиты на внешнюю поверхность сильфона для всех типов осевых СК и СКУ.

7.42 По требованию заказчика возможно изготовление одно – и двухсильфонных СКУ в усиленном кожухе.

7.43 По требованию заказчика для одно – и двухсильфонных СКУ сильфон может быть теплоизолирован.

7.44 По требованию заказчика для всех типов СКУ в ППУ – изоляции возможно нанесение утолщенного слоя теплоизоляции на изделие.

7.45 По требованию заказчика возможно заполнение пространства между патрубками и стальной гильзой компонентом ППМ-изоляции в заводских условиях для одно- и двухсильфонных СКУ типа СКУ.ППМ.МБ.

7.46 По согласованию с заказчиком осевые СК и СКУ могут комплектоваться сигнальным вспомогательным устройством, предупреждающим о скором отказе изделия.

Инов. № подл.	Взам. инв. №	Инов. № дубл.	Подпись и дата

<b>РД-17-ВЭП</b>					Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	20

7.47 Для изготовления присоединительных патрубков должны применяться бесшовные трубы или электросварные прямошовные трубы. Запрещается изготовление присоединительных патрубков из спиральношовных труб, а также из труб, бывших в употреблении. Кроме труб, для изготовления присоединительных патрубков возможно применять листовые материалы после вальцовки с последующей стыковой сваркой.

7.48 При изготовлении патрубков из прямошовных труб, шов должен располагаться в верхней части патрубка готового изделия.

7.49 Марка стали присоединительного патрубка выбирается предприятием-изготовителем с учетом условий эксплуатации, требований Заказчика к механическим свойствам материала и параметрам транспортируемой среды.

7.50 Для изготовления компенсаторов используются материалы, указанные в таблице 2.

7.51 По согласованию с Заказчиком допускается изготовление присоединительных патрубков из других сталей, допущенных к применению в тепловых сетях, разрешённых[1].

7.52 При изготовлении СК и СКУ допускается использование зарубежных аналогов стали, допустимость применения которых подтверждена Ростехнадзором.

7.53 Сильфоны должны быть изготовлены из рулонной или листовой стали марок 05X18H10T, 08X18H10T, 12X18H10T по ГОСТ 5632 или их аналогов: AISI 321, AISI 316Ti.

7.54 Допускается изготовление промежуточных слоев сильфонов из стали марок:

– 08Кп, 08Пс по ГОСТ 9045 – для изделий, эксплуатируемых при температурах от минус 40°С до 170°С;

– 08Ю по ГОСТ 9045 – для изделий, эксплуатируемых при температурах от минус 30°С до 150°С.

7.55 Сталь марок 05X18H10T, 08X18H10T, 12X18H10T, используемые для изготовления сильфонов должны быть стойки к межкристаллической коррозии по ГОСТ 6032 при провоцирующем нагреве.

7.56 Содержание ферритной фазы, определенной в ковшовой пробе, для стали марок 05X18H10T, 08X18H10T, 12X18H10T, используемых для изготовления сильфонов, должно быть от 1,0 до 5% (от 0,5 до 2,0 баллов).

7.57 Опорные кольца, упоры, кожуха, ограничители хода изделий должны быть изготовлены из листового проката. Марка материала в соответствии с таблицей 2.

7.58 Допускается изготовление опорных колец (особенно больших диаметров) из нескольких кольцевых секторов с последующей их сваркой встык.

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

7.60 Все материалы и комплектующие изделия, применяемые при изготовлении осевых СК и СКУ, должны иметь документ предприятия-изготовителя, подтверждающий соответствие их требованиям стандартам, техническим условиям и [1].

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

7.62 Контроль сварных швов при изготовлении осевых СК и СКУ выполняется в соответствии с требованиями конструкторско – технологической документацией на изделие.

Интв. № подл.	Взам. инв. №	Интв. № дубл.	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>РД-17-ВЭП</b>	Лист
						21

Таблица 2 – Материалы изготовления осевых СК и СКУ

Марка стали	Нормативный документ		Предельные параметры применения в составе изделия	
	На марку	На заготовку	температура t, °С	Давление, МПа
<b>Сильфон</b>				
05X18H10T, 08X18H10T, 12X18H10T или аналоги: AISI 321, AISI 316TI (наружный, внутренний, промежуточные слои)	ГОСТ 5632		от минус 253 до 500	
05X18H10T, 08X18H10T, 12X18H10T или аналоги: AISI 321, AISI 316TI (наружный и внутренний слой) Сталь 08Кп, 08Пс (промежуточные слои)	ГОСТ 5632 ГОСТ 9045		От минус 40 до 170	
05X18H10T, 08X18H10T, 12X18H10T или аналоги: AISI 321, AISI 316TI (наружный и внутренний слой) Сталь 8Ю (промежуточные слои)	ГОСТ 5632 ГОСТ 9045		От минус 30 до 150	
<b>Присоединительные патрубки</b>				
<b>Листовой прокат</b>				
Ст3	ГОСТ 380	ГОСТ 14637	До 200	1,6
Сталь 20	ГОСТ 1050	ГОСТ 1577	До 300	1,6
17ГС 17Г1С	ГОСТ 19281	ГОСТ 19281 ГОСТ 5520	До 350	Не ограничено
09Г2С	ГОСТ 19281	ГОСТ 19281	До 450	
08X18H10T 12X18H10T	ГОСТ 5632	ГОСТ 7350	До 600	
<b>Бесшовные трубы</b>				
Сталь 10 Сталь 20	ГОСТ 1050	ГОСТ 8732 ГОСТ 8731	До 425	6,4
Сталь 20	ГОСТ 1050	ГОСТ 550 группа А	До 425	5,0
09Г2С	ГОСТ 19281	ГОСТ 8732 ГОСТ 8731		
<b>Сварные прямошовные трубы</b>				
Сталь 20	ГОСТ 1050	ГОСТ 20295	До 350	2,5
09Г2С	ГОСТ 5520	ГОСТ 20295	До 350	2,5
17ГС	ГОСТ 5520	ГОСТ 20295	до 350	2,5
17Г1С	ГОСТ 19280	ГОСТ 20295	До 425	2,5
<b>Опорные кольца, упоры, кожуха, ограничители хода, другие детали</b>				
Сталь 10	ГОСТ 1050		До 300	
Сталь 20	ГОСТ 1050		До 450	
08X18H10T 12X18H10T	ГОСТ 5632		До 600	
09Г2С	ГОСТ 19281		До 450	
Ст3	ГОСТ 380		До 300	

Изн. № подл.	Взам. инв. №	Изн. № дубл.	Подпись и дата

Изн. № подл.	Взам. инв. №	Изн. № дубл.	Подпись и дата	<b>РД-17-ВЭП</b>	Лист
					22

## 8 Приемка и контроль качества сильфонных компенсаторов и сильфонных компенсирующих устройств.

8.1 Для подтверждения соответствия осевых СК и СКУ требованиям ГОСТ 32935, ТУ ВУ 691455872.003-2018, в соответствии с ГОСТ 28697, ГОСТ Р 15.201, ГОСТ 15.309 проводят следующие виды испытаний:

- приемосдаточные;
- приемочные;
- периодические;
- квалификационные;
- типовые.

8.2 Приемосдаточные испытания осуществляются техническим контролем ООО «МАРИЛЕНД-БЕЛ». Приемосдаточным испытаниям подвергаются 100% компенсаторов в каждой партии, в соответствии с Программой и методикой приемосдаточных испытаний М01.100.000.00 ПМ.

8.3 Приемочным испытаниям подвергаются опытные образцы всех типов компенсаторов (образцы для испытания), опытных партий продукции или изделий единичного производства, с целью решения вопроса о целесообразности постановки продукции на производство и (или) использования по назначению.

8.4 Приемочные испытания проводятся аккредитованной специализированной организацией при участии предприятия-разработчика и представителя заказчика, а при необходимости и представителя надзорного органа.

8.5 Приемочные испытания проводят по программе в соответствии с требованиями ГОСТ 28697 и Программой и методикой приемочных испытаний. По согласованию с представителем заказчика, возможно проведение приемочных испытаний по М01.100.000.00 ПМ1.

8.6 Приемочным, квалификационным, периодическим и типовым испытаниям предшествуют приемосдаточные испытания.

8.7 Периодическим испытаниям подвергаются все типы компенсаторов один раз в 5 лет или в случае возобновления их выпуска после трехлетнего перерыва. Испытания проводятся техническим контролем ООО «МАРИЛЕНД-БЕЛ» в соответствии с требованиями ГОСТ 28697 по Программе и методике периодических испытаний М01.100.000.00 ПМ1.

8.8 Типовые испытания проводят по программе, составленной разработчиком и согласованной с предприятием – изготовителем и органом государственного надзора.

8.9 Изделия, подвергнутые приемочным, квалификационным, периодическим или типовым испытаниям, использованию по назначению не подлежат.

## 9 Требования к проектированию тепловых сетей с применением сильфонных компенсаторов.

9.1 Общие требования.

9.1.1 В настоящем РД приведены только те нормы и правила проектирования, которые непосредственно связаны с особенностями применения компенсаторов, изготовленных ООО «МАРИЛЕНД-БЕЛ» по ТУ ВУ 691455872.003-2018.

Инов. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инов. № дубл.	Подпись и дата	<b>РД-17-ВЭП</b>					Лист
										23
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						



9.1.2 Настоящий РД распространяется на все виды трубопроводов тепловых сетей.

9.1.3 При проектировании трубопроводов, с применением компенсаторов, указанных в Приложении В, необходимо учитывать требования руководящих документов, под ведомство которых попадает трубопровод, требования технической документации ООО «МАРИЛЕНД-БЕЛ». Основными документами являются:

- ФНП в области промышленной безопасности;
- РД 10-249-98 «Нормы расчёта на прочность стационарных котлов и трубопроводов пара и горячей воды»;
- РД 10-400-01 «Нормы расчёта на прочность трубопроводов тепловых сетей»;
- СА 03-003-07 «Технологические трубопроводы»;
- СНиП 2.05.06-85 «Магистральные трубопроводы»;
- РТМ 38.001-94 «Указания по расчету на прочность и вибрацию технологических стальных трубопроводов»;
- СП 124.13330.2012 «Тепловые сети. Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003»;
- СП 41-105-2002 «Проектирование и строительство тепловых сетей бесканальной прокладки из стальных труб с индустриальной тепловой изоляцией и пенополиуретана в полиэтиленовой оболочке»;
- настоящий РД;
- Технические условия ТУ ВУ 691455872.003-2018.

9.2 Методика выбора компенсатора и схемы размещения компенсаторов и опор

9.2.1 Применимы следующие основные способы прокладки теплопроводов тепловых сетей:

Способ I.

Прокладка теплопроводов с использованием компенсирующей способности осевых СК и SKU в соответствии с требованиями СП 124.13330.2012 «Тепловые сети» в диапазоне изменения температуры стенки трубопровода от максимальной ( $t_1$ ), равной максимально расчетной температуре теплоносителя, до расчетной температуры наружного воздуха для проектирования отопления ( $t_0$ ).

Способ II.

Прокладка теплопроводов с использованием компенсирующей способности осевых СК и SKU в диапазоне изменения температуры стенки трубопровода от максимальной, равной расчетной температуре теплоносителя ( $t_1$ ), до минимальной ( $t_{мин}$ ), равной наименьшей температуре наружного воздуха в данной местности. Значение ( $t_{мин}$ ) определяется по согласованию с заказчиком по СП 131.13330.2011 или по заданной обеспеченности (например,  $t_{мин} (0,98)$ ), °С.

Способ III.

Прокладка теплопроводов с использованием всей компенсирующей способности осевых КСО и SKU в диапазоне изменения температуры стенки трубопровода от максимальной ( $t_1$ ), принимаемой равной расчётной температуре теплоносителя, до ( $t_э = t_{упора}$ ) — температуры стенки трубопровода в момент упора в ограничитель полностью растянутого сильфона.

Колебания температур в защемлённых (неподвижных) трубах от ( $t_{упора}$ ) до ( $t_0$ ) компенсируются изменением осевого напряжения ( $\sigma_{ос}$ ) в трубах.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Интв. № подл.	Взам. интв. №	Интв. № дубл.	Подпись и дата	Интв. № подл.

<b>РД-17-ВЭП</b>				Лист
				24

Способ IV.

Прокладка теплопроводов с использованием ССК, завариваемых после предварительного нагрева, для частичной загрузки температурных деформаций трубопровода за счет предварительного нагрева трубопровода во время его монтажа до температуры  $t_{\text{ССК}}$ , при которой срабатывает ограничитель хода при сжатии сильфона ССК.

9.2.2 Способ I прокладки осевых СК и СКУ допускается применять *при всех видах прокладки* теплопроводов. Максимальная длина участка, на котором устанавливается один осевой КСО или СКУ, рассчитывается по формуле [10].

9.2.3 Способ II способ применяется *при надземной прокладке*. При втором способе применения осевых СК и СКУ, максимальная длина участка, на котором устанавливается один компенсатор, рассчитывается по формуле [11].

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

9.2.4 Способ III применим *при всех видах прокладки*, в том числе *бесканальной*. Длина компенсируемого участка рассчитывается по формуле [12].

9.2.5 При IV способе прокладки, трубопровод с *установленным ССК* заполняется теплоносителем и нагревается до температуры срабатывания ограничителя хода на сжатие сильфона ССК. При этом необходимо контролировать, чтобы ССК сжался на расчетную величину ( $\Delta L$ ). После выдержки при данной температуре в течение 24 часов, кожухи стартового компенсатора завариваются между собой. Тем самым, сильфон исключается из дальнейшей работы трубопровода. Компенсация температурных расширений в дальнейшем происходит за счет знакопеременных осевых напряжений сжатия – растяжения, значения которых снижаются в два раза при использовании ССК на трубопроводе. Таким образом, ССК срабатывают один раз, после чего система используется как неразрезная конструкция. Расчет максимально допустимого расстояния между ССК рассчитывается по формуле [8].

9.2.6 Выбор типа компенсаторов.

9.2.6.1 Осевые СК и СКУ следует выбирать в зависимости от назначения и условий эксплуатации, равного с теплопроводом диаметра, принимая соответствующую компенсирующую способность и технические характеристики.

9.2.6.2 При необходимости допускается применение осевых СК и СКУ диаметра, отличного от диаметра трубопровода. В этом случае необходима установка переходов (входного, выходного), с разными диаметрами, в зависимости от присоединяемых трубопроводов.

9.2.6.3 Для бесканальной прокладки в грунтах с повышенной влажностью, а также в затапливаемых каналах и камерах следует применять осевые СК типа ССК и одно- и двухсильфонные СКУ типа СКУ.ППУ.МБ/ПЭ.МС.1, СКУ.ППУ.МБ/ПЭ.МС.2, СКУ.ТГИ.МБ и 2СКУ.ТГИ.МБ.

9.2.6.4 Осевые СК типа ССК и одно- и двухсильфонные СКУ типов СКУ.ППУ.МБ/ПЭ.С.1, СКУ.ППУ.МБ/ПЭ.С.2 и СКУ.ППМ.МБ используют для бесканальной прокладки в сухих грунтах.

9.2.6.5 Для прокладки в сухих каналах и камерах применяют осевые СК типов: КСО.МБ.01, КСО.МБ.11, КСО.МБ.21, КСО.МБ.02, КСО.МБ.04, ССК.МБ и одно- и двухсильфонные СКУ типов: СКУ.М.МБ, все виды СКУ.ППУ.МБ и СКУ.ППМ.МБ.

9.2.6.6 Для надземной установки и прокладки трубопроводов в помещениях и проходных каналах применяют осевые СК типов: КСО.МБ.00, КСО.МБ.10, КСО.МБ.20, КСО.МБ.01,

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>РД-17-ВЭП</b>	Лист
											25

КСО.МБ.11, КСО.МБ.21, КСО.МБ.02, КСО.МБ.04, ССК.МБ и одно- и двухсильфонные СКУ типов: СКУ.М.МБ, СКУ.ППУ.МБ/ОЦ.С.1, СКУ.ППУ.МБ/ОЦ.С.2 и СКУ.ППМ.МБ.

9.2.6.7 Для установки на паропровод следует применять осевые СК типов: КСО.МБ.00, КСО.МБ.10, КСО.МБ.20, КСО.МБ.01, КСО.МБ.11, КСО.МБ.21, КСО.МБ.04 и одно- и двухсильфонные СКУ типа СКУ.М.МБ.

9.2.6.8 Возможность применения типов осевых СК и СКУ в зависимости от назначения приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Применение СК и СКУ

Способ прокладки трубопровода	Типы СК и СКУ												
	КСО.МБ.00	КСО.МБ.10, КСО.МБ.20	КСО.МБ.01	КСО.МБ.11, КСО.МБ.21	КСО.МБ.02	КСО.МБ.04	СКУ.М.МБ	СКУ.ППУ.МБ/ПЭ.С.1, СКУ.ППУ.МБ/ПЭ.С.2	СКУ.ППУ.МБ/ПЭ.МС.1, СКУ.ППУ.МБ/ПЭ.МС.2	СКУ.ТГИ.МБ, 2СКУ.ТГИ.МБ	СКУ.ППУ.МБ/ОЦ.С.1, СКУ.ППУ.МБ/ОЦ.С.2,	СКУ.ППМ.МБ	ССК.МБ
Надземная прокладка, в помещениях, в проходных каналах, тоннелях	+	+	+	+	+	+	+				+	+	
Прокладка в сухих тепловых камерах, каналах			+	+	+	+	+	+	+	+		+	+
Прокладка в затапливаемых тепловых камерах, каналах								+	+				+
Бесканальная прокладка в сухих грунтах								+	+	+		+	+
Бесканальная прокладка с вероятностью затопления								+	+				+
Паропровод	+	+	+	+		+	+						

9.2.7 Схемы размещения СК и СКУ.

9.2.7.1 Осевые СК и СКУ должны устанавливаться на прямолинейных участках трубопроводов, ограниченных неподвижными опорами или естественно неподвижными сечениями трубы. Между неподвижными опорами допускается установка только одного изделия.

9.2.7.2 При наличии отклонения от прямолинейности в плане и профиле, в этих местах обязательна установка направляющих опор, не менее двух перед каждым изделием.

9.2.7.3 Допустимая несоосность с трубопроводом для установки всех типов СКУ:

- для односильфонных СКУ – поворот сильфона не более чем на 1°;
- для двухсильфонных СКУ – поворот сильфона не более чем на 2°;
- отклонение от прямой оси (излом) участка трубопровода – не более чем на 5°.

Значения допустимой несоосности трубопровода при монтаже для всех типов СКУ приведены в таблице 4.

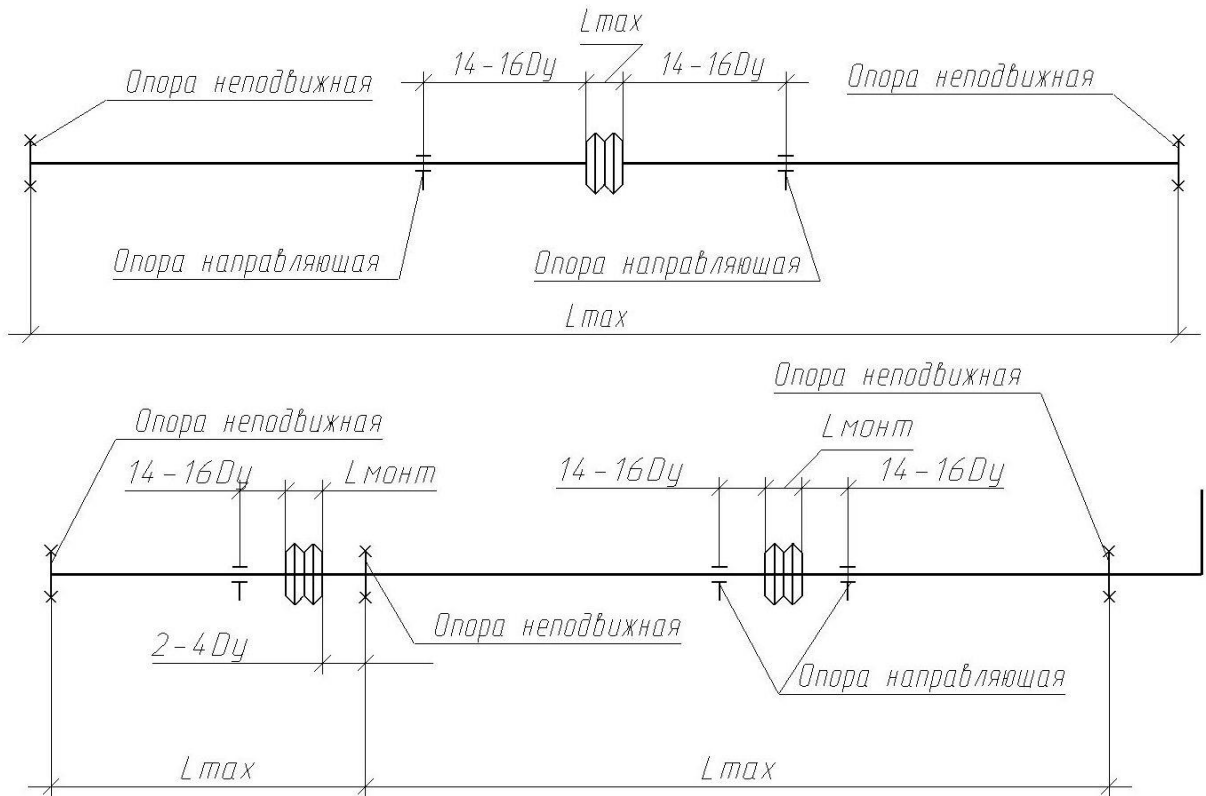
Инов. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инов. № дубл.	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>РД-17-ВЭП</b>	Лист
						26

Таблица 4 – Допустимая несоосность трубопровода при монтаже СКУ

Допустимая несоосность трубопровода, мм	DN, мм								
	от50 до65	от80 до125	от150 до200	от250 до350	400	500	600	от700 до800	от900 до1400
для односильфонных СКУ	5	6	7	8	10	12	13	14	15
для двухсильфонных СКУ	10	12	14	16	20	24	26	28	30

9.2.7.4 Примеры размещения осевых СК и СКУ на трубопроводах на рисунках 1,2.



Инов. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Инов. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>РД-17-ВЭП</b>	Лист
						27

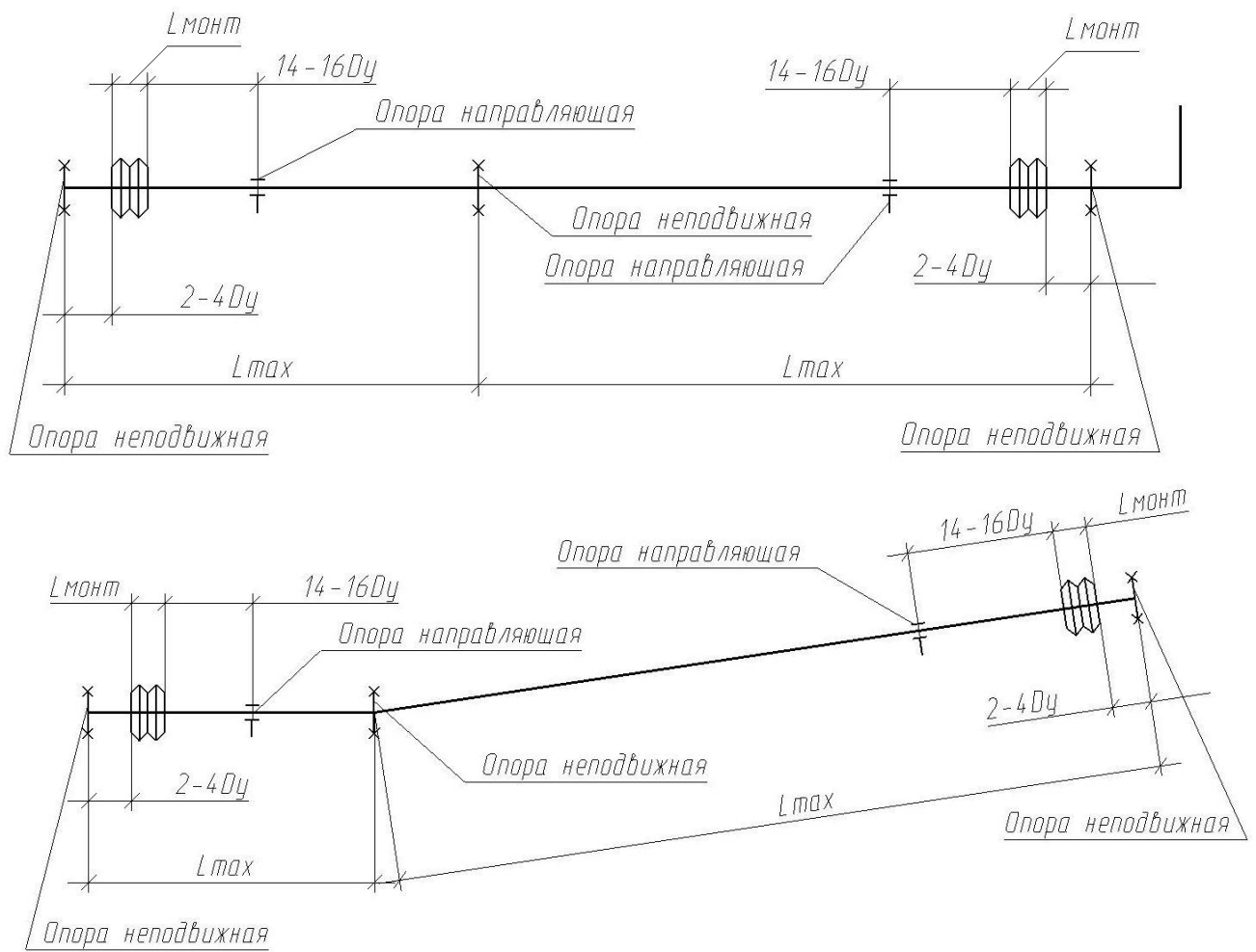


Рисунок 1. Примеры размещения СК и СКУ на теплопроводе

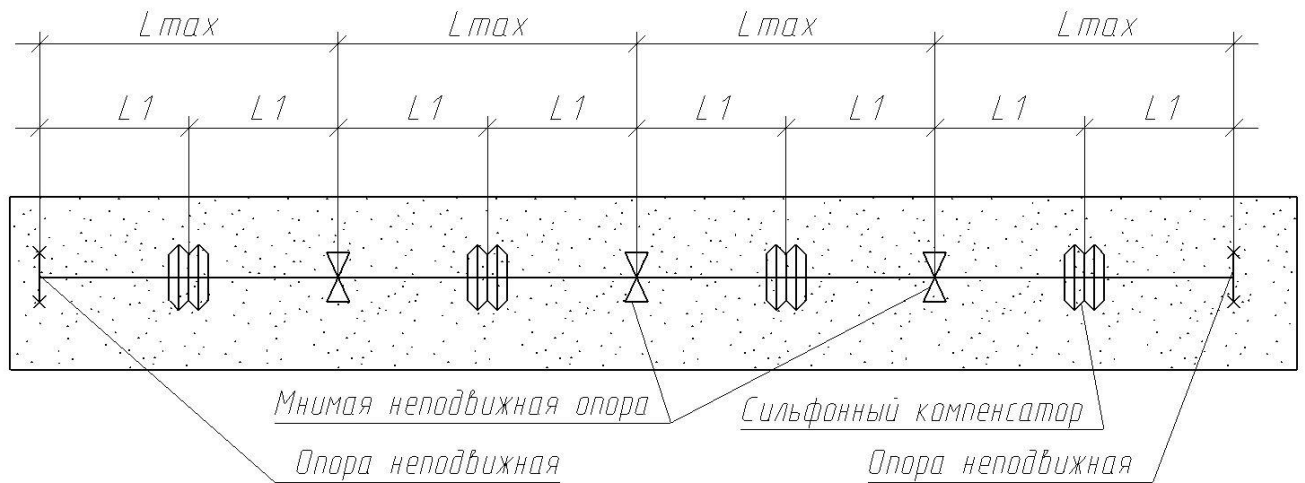


Рисунок 2. Примеры размещения ССК и СКУ при бесканальной прокладке

9.2.7.5 Протяженный теплопровод может иметь три вида зон (участков):

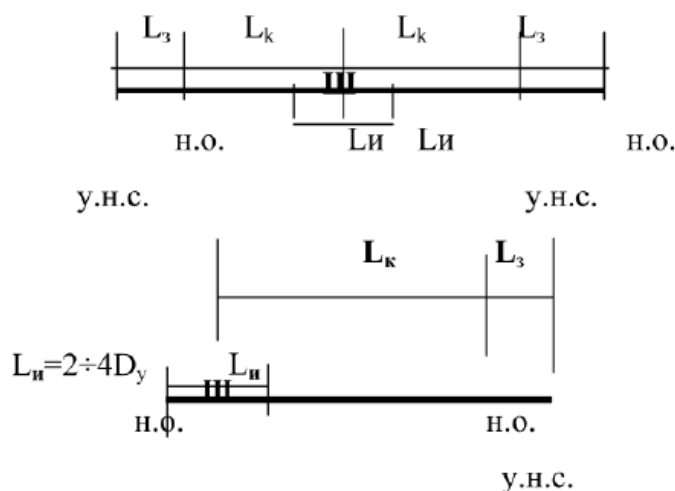
**зоны изгиба  $[L_{из}]$**  — участки теплопровода, непосредственно примыкающие к компенсатору. Эти участки при нагреве теплопровода перемещаются в осевом и боковых направлениях;

Инов. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Инов. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>РД-17-ВЭП</b>	Лист
						28

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

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



где:

н.о – неподвижная опора;

у.н.с. – условно неподвижное сечение трубы.

Рисунок 3. Виды зон (участков) теплопровода

9.2.7.6 Осевые СК и СКУ всех типов при любом способе прокладки трубопровода, кроме подземного бесканального, рекомендуется размещать в середине участка трубопровода между неподвижными опорами.

9.2.7.7 При невозможности размещения осевых СК и СКУ в середине участка трубопровода, допускается их размещение в другом месте прямолинейного участка трубопровода между неподвижными опорами. В этом случае должна быть обеспечена возможность беспрепятственного перемещения наружного кожуха изделия в период эксплуатации.

9.2.7.8 При бесканальной прокладке, ССК и односильфонные СКУ рекомендуется размещать вблизи неподвижной опоры, на расстоянии от  $2DN$  до  $4DN$  от нее. При этом неподвижный патрубок ССК или СКУ присоединяется со стороны неподвижной опоры.

9.2.7.9 При бесканальной прокладке, двухсильфонные СКУ должны быть размещены строго в середине участка трубопровода, ограниченного неподвижными опорами. При этом должно быть обеспечено равнозначное смещение элементов изделия с обеих сторон при растяжке СКУ.

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

9.2.7.11 При использовании осевых СК и СКУ в зонах вечномерзлых грунтов, дополнительно следует соблюдать требования СП 25.13330.2012 «СНиП 2.02.04-88 «Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах», СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений»

Инов. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Инов. № дубл.
Подпись и дата	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>РД-17-ВЭП</b>	Лист
						29

актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83 », СП 45.13330.2012 «СНиП 3.02.01-87 «Земляные сооружения, основания и фундаменты».

9.2.7.12 При бесканальной прокладке теплопроводов с осевыми СК и СКУ под улицами и дорогами местного значения, автомобильными дорогами V категории, а также внутрихозяйственными автомобильными дорогами категории IIIc должны применяться трубы толщиной стенки, исключающей овализацию труб под влиянием давления грунта и напряжений вследствие дорожного движения. При подземной прокладке теплопровода не допускается установка компенсаторов в зоне проезжей части автомагистралей I категории.

9.2.7.13 При подземном пересечении дорог и улиц должны соблюдаться требования СП 124.13330.2012 «Тепловые сети. Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003».

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

9.2.7.15 Расстояние от ограждающих конструкций камер, тоннелей и каналов до теплоизоляции осевых СК и СКУ, а также между соседними компенсаторами должно быть не менее:

- для диаметров теплопроводов до 500 мм - 100 мм;
- для диаметров теплопроводов более 600 мм - 150 мм.

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

9.2.7.16 В камерах должны предусматриваться проходы размером не менее:

- для теплопроводов диаметром до 500 мм - 600 мм;
- для теплопроводов диаметром более 600 мм - 700 мм.

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

9.2.7.17 При бесканальной прокладке теплопроводов с осевыми СК типа ССК.МБ и СКУ типов: СКУ.ППУ.МБ/ПЭ.С.1, СКУ.ППУ.МБ/ПЭ.С.2, СКУ.ППУ.МБ/ПЭ.МС.1, СКУ.ППУ.МБ/ПЭ.МС.2, СКУ.ППМ.МБ, СКУ.ТГИ.МБ следует провести проверку теплопроводов на устойчивость в следующих случаях:

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

При вероятности сезонного подъема уровня стояния грунтовых или поверхностных вод выше глубины заложения *бесканально проложенных* теплопроводов с осевыми СК типа ССК и СКУ типов: СКУ.ППУ.МБ/ПЭ.С.1, СКУ.ППУ.МБ/ПЭ.С.2, СКУ.ППУ.МБ/ПЭ.МС.1, СКУ.ППУ.МБ/ПЭ.МС.2, СКУ.ППМ.МБ, СКУ.ТГИ.МБ следует провести проверку на всплытие незаполненного водой теплопровода.

9.2.8 Расстановка направляющих опор.

9.2.8.1 Между двумя неподвижными опорами или естественно неподвижными сечениями трубы должен размещаться только один осевой СК или СКУ.

9.2.8.2 При выборе и установке неподвижных опор обязательно должны учитываться:

- расчетное усилие и усилие жесткости осевых СК и СКУ;

Подпись и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подпись и дата	
Инв. № подл.	

					<b>РД-17-ВЭП</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		30

- сила трения в направляющих и скользящих опорах;
- центробежные силы, возникающие при перегибе трубопровода.

Расчет нагрузок на концевые и промежуточные неподвижные опоры выполняется на этапе проектирования теплопровода.

9.2.8.3 В общем случае, при надземной прокладке, прокладке в помещениях, проходных каналах и тоннелях, при подземной прокладке в сухих тепловых камерах, каналах, тоннелях, для исключения перемещения трубопровода в поперечном, угловом и радиальном направлениях, с обеих сторон от СК и СКУ устанавливают две пары направляющих опор. Первая пара направляющих опор устанавливают на расстоянии от 2DN до 4DN от изделия. Вторая пара направляющих опор устанавливают на расстоянии от 14DN до 16DN от изделия. Допускается использование только одной пары направляющих опор на расстоянии от 2DN до 4DN от изделия. Направляющие опоры не должны препятствовать осевому перемещению изделия в процессе эксплуатации. В случае использования СК и СКУ с усиленными (равнопрочными трубопроводу) кожухами, установка направляющих опор не требуется.

9.2.8.4 При размещении осевого СК и СКУ у неподвижной опоры, расстояние до нее должно быть в пределах от 2DN до 4DN. В этом случае направляющие опоры устанавливают только с одной стороны. С другой стороны их функцию выполняет неподвижная опора.

9.2.8.5 В случае размещения осевого СК и СКУ в сухих тепловых камерах, функции направляющих опор могут выполнять стенки камер со специальной конструкцией обвязки входного и выходного проемов камеры.

9.2.8.6 При подземной бесканальной прокладке трубопровода с осевыми СК типа ССК и односильфонными и двухсильфонными СКУ типов: СКУ.ППУ.МБ/ПЭ.С.1, СКУ.ППУ.МБ/ПЭ.С.2, СКУ.ППУ.МБ/ПЭ.МС.1, СКУ.ППУ.МБ/ПЭ.МС.2, СКУ.ППМ.МБ, СКУ.ТГИ.МБ установка направляющих опор не требуется. В этом случае функцию направляющих опор выполняет грунт.

9.2.8.7 Для осевых СК типов: КСО.МБ.00, КСО.МБ.10, КСО.МБ.20, КСО.МБ.01, КСО.МБ.11, КСО.МБ.21 установка первых направляющих опор на расстоянии от 2DN до 4DN от изделия и вторых направляющих опор (на расстоянии от 14DN до 16DN от изделия) обязательна. Необходимость установки последующих опор определяется при проектировании на основании результатов расчета трубопровода на устойчивость.

9.2.8.8 Для односильфонных и двухсильфонных СК типов: КСО.МБ.02 и КСО.МБ.04 установка первых направляющих опор на расстоянии от 2DN до 4DN от изделия обязательна. Необходимость установки вторых направляющих опор (на расстоянии от 14DN до 16DN от изделия) и последующих опор определяется при проектировании на основании результатов расчета трубопровода на устойчивость (см.п.10.4.8.10).

9.2.8.9 При подтверждении устойчивости трубопровода расчетами, силовая конструкция осевых СК типа ССК.МБ и односильфонных и двухсильфонных СКУ в усиленном кожухе типов: СКУ.М.МБ, СКУ.ППУ.МБ и СКУ.ППМ.МБ позволяет сделать установку направляющих опор на расстоянии от 2DN до 4DN от изделия не обязательным. Необходимость установки вторых направляющих опор (на расстоянии от 14DN до 16DN от изделия) и последующих опор определяется при проектировании на основании результатов расчета трубопровода на устойчивость (см.п.10.4.8.10).

9.2.8.10 На участках трубопровода, не имеющих несоосности и изгибов, влияющих на прямолинейность трубопровода, при отсутствии поворотов, ответвлений и врезок, вторые направляющие опоры (на расстоянии от 14DN до 16DN от изделия) могут быть заменены на скользящие опоры. При этом необходимо исключить вероятность прогиба трубопровода от тяжести собственного веса. Основанием замены в этом случае являются результаты расчета трубопровода на устойчивость при проектировании.

Интв. № подл.	Интв. № дубл.	Взам. интв. №	Подпись и дата

					<b>РД-17-ВЭП</b>	Лист
						31
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		



9.2.8.11 Направляющие опоры следует применять, как правило, охватывающего типа (хомутовые, трубообразные, рамочные), принудительно ограничивающие возможность поперечного или углового сдвига и не препятствующие осевому перемещению.

Для уменьшения силы трения между трубой и опорой предпочтительна установка катков, фторопластовых скользящих прокладок и т.п.

Длина направляющей опоры должна быть, как правило, не менее 2DN трубопровода. Зазор между направляющей конструкцией и трубопроводом:

- при диаметрах труб  $DN \leq 100\text{мм}$  – не более 1,6мм;
- при диаметрах труб  $DN \geq 125\text{мм}$  – не более 2,0мм.

9.2.8.12 При применении предизолированных трубопроводов рекомендуется применять неподвижные опоры заводского изготовления по ГОСТ 30732, строительные конструкции неподвижных опор рассчитываются из конкретных условий применения (в зависимости от всех нагружающих факторов) и изготавливаются индивидуально в соответствии с проектной документацией.

### 9.3 Методики расчёта.

Расчетные формулы для проектирования теплопроводов приведены в таблице 5:

Таблица 5 – Расчетные формулы для проектирования трубопроводов тепловых сетей

Рассчитываемый параметр	Размещение трубопровода		
	Канальное, в тоннелях, помещениях	Бесканальное	Надземное
1. Способ применения (см. п.10.2):	I, III, IV	I, III, IV	I, II, III
2. Температурная деформация трубопровода	Формулы [1],[2],[3],[4].	Формулы [1],[2],[3],[4].	Формулы [1],[2],[3],[4].
3. Предельная длина прямого участка между Н.О.	В качестве предварительной оценки использовать формулы: [5],[6],[8],[9]	Формулы [5],[6],[7],[7.1],[8]	В качестве предварительной оценки использовать формулы [5],[6],[8],[9]
4. Максимальная длина участка для установки СК, СКУ	Формулы: [10],[12],[13],[14],[15]	Формулы: [10],[12],[13],[14],[15],[16],[17],[18],[19],[20],[21],[22],[23],[24],[25]	Формулы: [10],[11],[12],[13],[14],[15]
5. Расчет нагрузок на опоры	Формулы: [26] – [29], [31], [33], [35], [38] – [43]	Формулы: [26] – [31], [33], [34], [36] – [43]	Формулы: [26] – [29], [33], [38] – [40], [42] – [46]
6. Живучесть системы	[47] – [52]	В качестве предварительной оценки использовать формулы: [47] – [52]	Формулы: [47] – [52]
7. Расстановка направляющих опор	Пункты: 10.2.8	Не требуется	Пункты: 10.2.8

Инов. № подл.	Взам. инв. №	Инов. № дубл.	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>РД-17-ВЭП</b>	Лист
						32

8. Устойчивость системы	Не требуется	Формулы: [53] – [62]	Не требуется
9. Монтажная длина компенсаторов	Формулы: [63], [65]	Формулы: [63], [65]	Формулы: [63], [64], [65]

### 9.3.1 Расчет деформаций трубопровода

9.3.1.1 В общем случае деформация теплопровода  $[\Delta L]$  рассчитывается по формуле:

$$\Delta L = \Delta I_t - \Delta I_{тр} - \Delta I_{дм} + \Delta I_p, \quad [1]$$

где:

$\Delta I_t$  – температурная деформация;

$\Delta I_{тр}$  – деформация под действием сил трения;

$\Delta I_p$  – деформация от внутреннего давления;

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

9.3.1.2 Длина зоны (участка) компенсации  $[L_k]$  при применении компенсаторов рассчитывается по формуле, м:

$$L_k = \frac{F_{ст}}{f_{тр}} \times \left[ \alpha \times E \times \Delta t \times 10^{-3} + (A - 0,3) \times \sigma_{раст} \right], \quad [2]$$

9.3.1.3 Максимальное удлинение зоны компенсации  $[\Delta L_k]$  при нагреве теплопровода после засыпки траншеи грунтом можно определить по упрощенной формуле, м:

$$\Delta L_k = \Delta I_t - \Delta I_{тр} = \alpha \times (t_1 - t_3) \times L_k \times 10^{-3} - \frac{f_{тр} \times L_k^2}{2 \times E \times F_{ст}}, \quad [3]$$

В формулах:

$\alpha$  – коэффициент линейного расширения стали, мм/м °С;

$t_1$  – максимальная расчетная температура теплоносителя, °С;

$t_3$  – минимальная температура. Выбор  $t_3$  выполняется проектировщиком по согласованию с заказчиком и эксплуатирующей организацией. ( $t_{монт}$ ;  $t_0$ ;  $t_{упора}$  и др.);

$L_k$  – длина зоны (участка) компенсации, м;

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

$E$  – модуль упругости материала трубы (модуль Юнга),  $2 \times 10^5$  Н/мм<sup>2</sup>;

$F_{ст}$  – площадь поперечного сечения стенки трубы, мм<sup>2</sup>;

$A$  – коэффициент, учитывающий активную поверхность сальфона СК, СКУ:

$$A = 0,5 \times \left[ 1 - \left( \frac{D_c}{D_{вн}} \right)^2 \right], \quad [4]$$

$D_c$  – средний диаметр сальфона, мм;

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

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

Примечание:

Инов. № подл.	Взам. инв. №	Инов. № дубл.	Подпись и дата

РД-17-ВЭП					Лист
					33
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	

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

### 9.3.2 Расчет предельно допустимой длины участка трубопровода.

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

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

где:

$\sigma_{расч}$  – расчетное осевое напряжение в трубе, Н/мм<sup>2</sup>;

$F_{ст}$  – площадь поперечного сечения стенки трубы, мм<sup>2</sup>:

$$F_{ст} = \pi \cdot (D_n - s) \cdot s, \quad [6]$$

где:

$D_n$  – наружный диаметр трубы, мм;

$s$  – толщина стенки трубы, мм;

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

9.3.2.2 Удельная сила трения ( $f_{тр}$ ) при бесканальной прокладке подсчитывается по формуле, Н/м:

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

где:

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

С учетом этого [7] можно переписать в виде, Н/м:

$$f_{тр} = \mu[0,75 \cdot \gamma \cdot Z \cdot \pi \cdot D_{об} \cdot 10^{-3} + q_{трубы}], \quad [7.1]$$

где:

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

$\mu$  – коэффициент трения, при ППУ-изоляции принимается значение 0,40;

$\gamma$  – удельный вес грунта, Н/м<sup>3</sup>;

$Z$  – глубина засыпки по отношению к оси трубы, м;

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

Для конструкций теплопроводов с величиной адгезии теплоизоляции к трубе и оболочки к теплоизоляции  $f_{адгезии} \geq 0,15$  МПа. При меньших значениях  $f_{адгезии}$  расчёты ведутся по  $D_n$  трубы.

9.3.2.3 Допускаемое осевое напряжение в трубе ( $\sigma_{доп}$ ), рассчитывается по формуле, Н/мм<sup>2</sup>:

Инов. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инов. № дубл.	Подпись и дата	<b>РД-17-ВЭП</b>	Лист
						34
					Изм.	Лист
					№ докум.	Подп.
					Дата	

$$\sigma_{\text{доп}} = 1,25 \cdot \varphi_{\text{н}} \cdot \sqrt{1,04 \cdot [\sigma]^2 - 0,4 \cdot [\sigma] \cdot P_{\text{вн}} \cdot \left[ \frac{D_{\text{вн}}^2}{2 \cdot (D_{\text{вн}} + s) \cdot s \cdot \varphi_{\text{д}}} + 1 \right]}, \quad [8]$$

где:

$[\sigma]$  – номинальное значение допускаемого напряжения материала (стали), МПа;

$\varphi_{\text{д}}$  – коэффициент снижения прочности сварного шва при расчете на давление (для электросварных труб). При полном проваре шва и контроле качества сварки по всей длине неразрушающими методами  $\varphi_{\text{д}} = 1$ , при выборочном контроле шва  $\varphi_{\text{д}} = 0,8$ , а менее 10% и при отсутствии контроля  $\varphi_{\text{д}} = 0,7$ ;

$P_{\text{вн}}$  – избыточное внутреннее давление, МПа;

$D_{\text{вн}}$  – внутренний диаметр трубы, мм;

$s$  – толщина стенки трубы, мм;

$\varphi_{\text{н}}$  – коэффициент снижения прочности сварного шва при расчете на изгиб. При наличии изгиба  $\varphi_{\text{н}} = 0,9$ , а при отсутствии изгиба  $\varphi_{\text{н}} = 1$ .

Допускается использовать приближенные формулы:

при  $\varphi_{\text{н}} = 1$ :

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

при  $\varphi_{\text{н}} = 0,8$ :

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

*Примечание: При необходимости предельная длина компенсируемого участка теплопровода может быть увеличена за счет применения стальных труб с повышенной толщиной стенки.*

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

Исключение составляют случаи совместной прокладки труб с опорой на основную трубу («труба-на-трубе»), использования основной трубы в качестве несущей конструкции, прокладки теплопроводов в районах высокой сейсмичности. В этом случае расчет выполняется по формуле [5], при этом ( $f_{\text{тр}}$ ) рассчитывается по формуле, Н/м:

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

где:

$q_{\text{трубы}}$  – вес 1 м теплопровода с водой, Н/м;

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

$\mu$  – коэффициент трения:

при скользящих опорах — 0,3;

при шариковых опорах — 0,1;

при катковых опорах — 0,1 ÷ 0,15;

при фторопластовых опорах — 0,05 ÷ 0,1.

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

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

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

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

Изн. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Изн. № дубл.	Подпись и дата	<b>РД-17-ВЭП</b>				Лист
									35
					Изн.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

где:

$\Psi$  – скоростной напор ветра, Н/м<sup>2</sup> (по СП 131.13330.2011);

$q_{\text{снег}}$  – нормативный вес снегового покрова, Н/м<sup>2</sup> горизонтальной проекции на 1 м теплопровода (СП 20.13330.2011);

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

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

9.3.3 Расчет максимальной длины участка трубопровода между двумя неподвижными опорами с применением СК или СКУ.

9.3.3.1 Для I способа применения, при всех видах прокладки, максимальная длина участка между двумя неподвижными опорами, на котором устанавливается один компенсатор, рассчитывается по формуле, м:

$$L_M^\lambda = \frac{0,9 \cdot 2 \cdot \lambda_{1/2}}{\alpha \cdot (t_1 - t_0)} < L_{\text{пред}}, \quad [10]$$

где:

$2 \cdot \lambda_{1/2}$  – амплитуда осевого хода, мм;

$\alpha$  – коэффициент линейного расширения стали, мм/м<sup>0</sup>С;

$t_1$  – максимальная расчетная температура теплоносителя, <sup>0</sup>С;

$t_0$  – расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления (средняя температура наружного воздуха наиболее холодной пятидневки, обеспеченностью  $t_{0(0,92)}$ ) по СП 131.13330.2011 «СНиП 23-01-99\* «Строительная климатология»», <sup>0</sup>С.

9.3.3.2 Для II способа применения, при надземной прокладке, максимальная длина участка между двумя неподвижными опорами, на котором устанавливается один компенсатор, рассчитывается по формуле, м:

$$L_M^\lambda = \frac{0,9 \cdot 2 \cdot \lambda_{1/2}}{\alpha \cdot (t_1 - t_{\text{мин}})} < L_{\text{пред}}, \quad [11]$$

где:

$t_{\text{мин}}$  – минимум температур наружного воздуха в данной местности. Определяется по согласованию с заказчиком по СНиП 23-01-99 «Строительная климатология» или по заданному коэффициенту обеспеченности (например,  $t_{\text{мин}(0,98)}$ ), <sup>0</sup>С.

9.3.3.3 Для III способа применения при всех видах прокладки, в том числе бесканальной, максимальная длина компенсируемого участка рассчитывается по формуле, м:

$$L_M^\lambda = \frac{0,9 \cdot 2 \cdot \lambda_{1/2}}{\alpha \cdot (t_1 - t_3)} < L_{\text{пред}}, \quad [12]$$

где:

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

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

Инов. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инов. № дубл.	Подпись и дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	РД-17-ВЭП	Лист
											36

Температура стенки трубопровода в момент упора растянутого сильфона в ограничитель ( $t_{\text{упора}}$ ) при полном использовании принятого расчетного осевого напряжения в трубе ( $\sigma_{\text{расч}}$ ) определяется по формуле, С°:

$$t_{\text{упора}} = \frac{\varphi_1 \cdot (\sigma_{\text{расч}} - 0,3 \cdot \sigma_{\text{раст}} - \sigma_{\text{вн}} - \sigma_{\text{ж}}) \cdot 10^3}{E \cdot \alpha} + t_0, \quad [13]$$

где:

$\varphi_1$  – коэффициент прочности поперечного сварного шва;

$\sigma_{\text{расч}}$  – расчетное осевое напряжение в трубе, Н/мм<sup>2</sup>;

$\sigma_{\text{вн}}$  – осевое напряжение от внутреннего давления, Н/мм<sup>2</sup>:

$$\sigma_{\text{вн}} = \frac{P_{\text{вн}} \cdot D_{\text{вн}}^2}{4 \cdot (D_{\text{вн}} + S) \cdot S} \quad [14]$$

$\sigma_{\text{раст}}$  – растягивающее окружное напряжение от внутреннего давления, Н/мм<sup>2</sup>:

$$\sigma_{\text{раст}} = \frac{P_{\text{вн}} \cdot (D_{\text{н}} - 2 \cdot S)}{2 \cdot S}, \quad [15]$$

10.3.3.3.2 Дополнительно, для бесканальной прокладки трубопровода с применением СКУ, с целью увеличения расстояния между неподвижными опорами (или условно неподвижными сечениями трубопровода), возможно применение схемы с частичным заземлением теплопровода в грунте.

При этом максимальная длина частично заземленного участка теплопровода рассчитывается по формуле, м:

$$L_{\text{м}}^{\lambda} = \frac{0,9 \cdot 2 \cdot \lambda^{1/2}}{\alpha \cdot (t_{\text{огр}} - t_0)} < L_{\text{пред}}, \quad [16]$$

где:

$t_{\text{огр}}$  – температура теплоносителя в момент срабатывания ограничителя хода на сжатие до упора сильфона СКУ, С°:

$$t_{\text{огр}} = 0,8 \cdot t_1$$

При достижении температуры теплоносителя от  $t_{\text{огр}}$  до  $t_1$ , СКУ начнет работать как ССК с заваренными кожухами и деформации теплопровода на участке прекратятся. При этом в теплопроводе, в корпусе СКУ возникнут дополнительные температурные напряжения, Н/мм<sup>2</sup>:

$$\sigma_3 = \alpha \cdot E \cdot (t_1 - t_{\text{огр}}), \quad [17]$$

При остывании теплопровода до температуры ниже  $t_{\text{упора}}$  (в аварийных ситуациях), в трубопроводе и в СКУ также возникнут дополнительные напряжения

9.3.3.4 Для IV способа применения, максимально допустимое расстояние между ССК рассчитывается по формуле, м:

$$L_{\text{ССК}}^{\text{max}} = \frac{200 \cdot F_{\text{ст}}}{f_{\text{тр}}} (2\sigma_{\text{доп}} - \alpha \cdot E \cdot (t_1 - t_3) \cdot 10^{-3}), \quad [18]$$

Инов. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Инов. № дубл.
Подпись и дата	

<b>РД-17-ВЭП</b>					Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	37

10.3.3.4.1 Диапазон температур предварительного нагрева, при которых может быть осуществлена заварка кожуха ССК, рассчитывается по формулам, С°:

$$t_{\text{ССК}}^{\text{max}} = t_3 + \frac{\sigma_{\text{доп}}}{\alpha \cdot E} \cdot 10^3, \quad [19]$$

$$t_{\text{ССК}}^{\text{min}} = t_1 - \frac{\sigma_{\text{доп}}}{\alpha \cdot E} \cdot 10^3, \quad [20]$$

где:

$t_3$  – температура, при которой осуществляется монтаж ССК.

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

$$t_{\text{ССК}} = \frac{t_3 + t_1}{2}, \quad [21]$$

10.3.3.4.3 Величина сжатия ССК  $\Delta L$  при нагреве до температуры  $t_{\text{ССК}}$ , (величина, на которую осуществляется растяжка трубопровода), рассчитывается по формуле, мм:

$$\Delta L = L_{\text{ССК}} \cdot \left( \alpha \cdot (t_{\text{ССК}} - t_3) - \frac{0,25 \cdot f_{\text{ТР}} \cdot L_{\text{ССК}}}{E \cdot F_{\text{СТ}}} \right), \quad [22]$$

При этом уровень напряжений в заземленной зоне при переходе трубопровода из холодного состояния в рабочее будет приблизительно равен, Н/мм<sup>2</sup>:

$$\sigma_{\text{ос}} = \alpha \cdot E \cdot (t_1 - t_{\text{ССК}}) \times 10^{-3}, \quad [23]$$

10.3.3.4.4 Если по конструктивным соображениям расстояние между ССК требуется уменьшить, в формулу [22] вместо максимального значения  $L_{\text{ССК}}^{\text{max}}$  подставляется реальное  $L_{\text{ССК}}$ .

В практике проектных и монтажных работ допускается использовать приближенные формулы для определения расчетного сжатия ССК  $\Delta L$ , мм:

$$\Delta L = 0,5 \cdot \alpha \cdot L_{\text{ССК}} \cdot (t_1 - t_3), \quad [24]$$

$$\Delta L = 0,5 \cdot \alpha \cdot L_{\text{ССК}} \cdot (t_{\text{ССК}} - t_3), \quad [25]$$

10.3.3.4.5 В местах установки ССК трубопровод должен иметь прямолинейные участки длиной не менее 12м.

10.3.3.4.6 Расстояние от ССК до места установки ответвления должно быть не менее  $\frac{L_{\text{ССК}}^{\text{max}}}{3}$ .

Инов. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Инов. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

<b>РД-17-ВЭП</b>					Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	38

### 9.3.4 Расчёт нагрузок на неподвижные опоры.

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

- распорного усилия сильфонных компенсаторов, ( $P_p$ );
- жёсткости сильфонных компенсаторов, ( $P_ж$ );
- усилия от трения в подвижных опорах на участках канальных и надземных прокладок, или трения теплопровода о грунт на участках *бесканальной прокладки*, ( $P_{тр}$ );
- усилия от напряжения, возникающего в прямолинейном участке теплопровода при критических отказах, связанных с нерасчётным похолоданием, ( $P_{ос}$ ).

Кроме того, следует учитывать в конкретных расчетных схемах теплопроводов:

- неуравновешенные силы внутреннего давления ( $P_H$ );
- упругую деформацию гибких компенсаторов или самокомпенсации ( $P_x, P_y$ );
- ветровую нагрузку при надземной прокладке ( $P_{ветер}$ );
- силу ( $P_3$ ) от напряжения, возникающего в прямолинейном участке *бесканально* прокладываемого теплопровода при III способе применения СКУ с частичным заземлением теплопровода в грунте в диапазоне температур от ( $t_{огр}$ ) до ( $t_1$ );
- силу ( $P_{сск}$ ) от напряжения, возникающего в прямолинейном участке теплопровода при применении ССК в диапазоне температур от ( $t_{сск}$ ) до ( $t_1$ ) и от ( $t_3$ ) до ( $t_{сск}$ ).

9.3.4.2 В общем случае нагрузка на неподвижные опоры должна приниматься по наибольшей горизонтальной осевой и боковой нагрузке от сочетания указанных выше сил, при любом рабочем режиме теплопровода, при гидравлических испытаниях и при проверке на живучесть.

9.3.4.3 Распорное усилие от внутреннего давления ( $P_p$ ) определяется с учетом пробного давления при гидравлических испытаниях, по формуле, Н:

$$P_p = 1,25 \cdot PN \cdot S_{эф} \cdot 10^2, \quad [26]$$

9.3.4.4 Усилие, возникающее вследствие противодействия осевой жесткости СК, ( $P_ж$ ) определяется, Н:

$$P_ж = C_\lambda \cdot \lambda_{1/2}, \quad [27]$$

где:

$C_\lambda$  – осевая жесткость, Н/мм.

9.3.4.5 Сила трения ( $P_{тр}$ ) теплопровода о грунт (*при бесканальной прокладке*), а также сила трения в подвижных опорах трубопровода (*при надземной или канальной прокладке*) определяется, Н:

$$P_{тр} = f_{тр} \cdot L_M^\lambda, \quad [28]$$

9.3.4.6 Сила [ $P_{ос}$ ] от напряжения, возникающего в заземленном прямолинейном участке опорожненного теплопровода при критических отказах, связанных с нерасчетным похолоданием, Н:

Инов. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инов. № дубл.	Подпись и дата	<b>РД-17-ВЭП</b>				Лист
									39
					Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата



$$P_{oc} = \alpha \cdot E \cdot (t_0 - t_{мин}) \cdot F_{ст} \cdot 10^{-3}, \quad [29]$$

где:

$t_{мин}$  – абсолютная минимальная температура воздуха, зафиксированная в регионе, °С.

9.3.4.7 Сила ( $P_3$ ) от напряжения, возникающего в прямолинейном участке *бесканально* прокладываемого теплопровода при III способе применения СКУ с частичным заземлением теплопровода в грунте в диапазоне температур от ( $t_{огр}$ ) до( $t_1$ ), Н:

$$P_3 = \sigma_3 \cdot F_{ст}, \quad [30]$$

9.3.4.8 Сила ( $P_{сск}$ ) от напряжения, возникающего в прямолинейном участке теплопровода при применении ССК в диапазоне температур от ( $t_{сск}$ ) до ( $t_1$ ) и от ( $t_э$ ) до ( $t_{сск}$ ), Н:

$$P_{сск} = \alpha \cdot E \cdot (t_1 - t_{сск}) \cdot F_{ст} \cdot 10^{-3}, \quad [31]$$

$$P_{сск} = \alpha \cdot E \cdot (t_{сск} - t_э) \cdot F_{ст} \cdot 10^{-3}, \quad [32]$$

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

10.3.4.9.1 Нагрузки, действующие на концевую неподвижную опору, определяются как сумма сил, Н:

$$\Sigma P_{ко} = P_p + P_ж + P_{тр}, \quad [33]$$

При *бесканальной прокладке*, в случае применения СКУ с частичным заземлением теплопровода в грунте в диапазоне температур от ( $t_{огр}$ ) до( $t_1$ ), Н:

$$\Sigma P_{ко} = P_p + P_ж + P_{тр} + P_з, \quad [34]$$

10.3.4.9.2 Нагрузки, действующие на концевую неподвижную опору, при установке ССК определяются как сумма сил, Н:

– при *канальной прокладке* (до заварки ССК), Н:

$$\Sigma P_{ко} = P_p + P_{сск} + P_{oc}, \quad [35]$$

– при *бесканальной прокладке*:  
до заварки ССК, Н:

$$\Sigma P_{ко} = P_p + P_{сск} + P_{oc}, \quad [36]$$

Подпись и дата	
Инов. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подпись и дата	
Инов. № подл.	

<b>РД-17-ВЭП</b>					Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	40

после заварки ССК, Н:

$$\Sigma P_{\text{ко}} = P_{\text{ССК}}, \quad [37]$$

10.3.4.9.3 Нагрузки, действующие на промежуточную неподвижную опору ( $\Sigma P_{\text{по}}$ ) на участках трубопровода с равными диаметрами по обе стороны опоры ( $DN_1 = DN_2$ ), определяется как сумма сил:

$$\Sigma P_{\text{по}} = \Sigma P_{\text{ж}} + \Sigma P_{\text{тр}}$$

Нагрузка от вероятной разности жесткостей компенсаторов, Н:

$$\Sigma P_{\text{ж}} = 0,6 \cdot P_{\text{ж1}} = 0,6 \cdot P_{\text{ж2}} \quad [38]$$

Нагрузка от вероятной разности сил трения при  $L_1 = L_2$ , Н:

$$\Sigma P_{\text{тр}} = 0,3 \cdot P_{\text{тр1}} = 0,3 \cdot P_{\text{тр2}} \quad [39]$$

10.3.4.9.4 Нагрузки, действующие на промежуточную неподвижную опору ( $\Sigma P_{\text{по}}$ ) на участках трубопровода с отличными диаметрами по обе стороны опоры, определяется как сумма сил:

$$\Sigma P_{\text{по}} = \Sigma P_{\text{р}} + \Sigma P_{\text{ж}} + \Sigma P_{\text{тр}}$$

При ( $DN_1 > DN_2$ ):

Нагрузка от распорных усилий компенсаторов, Н:

$$\Sigma P_{\text{р}} = P_{\text{р1}} - P_{\text{р2}}, \quad [40]$$

Нагрузка от распорных усилий при установке ССК (до его заварки), Н:

$$\Sigma P_{\text{р}} = (P_{\text{р1}} + P_{\text{ос1}}) - (P_{\text{р2}} + P_{\text{ос2}}), \quad [41]$$

Нагрузка от жесткости компенсаторов с учетом с учетом вероятности отклонения жесткостей сильфонов, Н:

$$\Sigma P_{\text{ж}} = 1,3 \cdot P_{\text{ж1}} - 0,7 \cdot P_{\text{ж2}}, \quad [42]$$

От сил трения в подвижных опорах при  $L_1 = L_2$ , Н:

$$\Sigma P_{\text{тр}} = P_{\text{тр1}} - 0,7 \cdot P_{\text{тр2}} \quad [43]$$

Инов. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Инов. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>РД-17-ВЭП</b>	Лист
						41

10.3.4.9.5 При проверке на живучесть *надземно проложенных теплопроводов* с компенсаторами, имеющими ограничители хода на нерасчетное расширение сильфонов, суммарные горизонтальные осевые нагрузки на неподвижные опоры определяются без учета веса воды, сил трения на подвижных опорах и внутреннего давления теплоносителя:

– нагрузки на концевую опору, Н:

$$\Sigma P_{\text{жив}} = P_{\text{ж}} + P_{\text{ос}}, \quad [44]$$

– нагрузки на промежуточную неподвижную опору от участков трубопровода с равными диаметрами по обе стороны опоры, ( $DN_1 = DN_2$ ), Н:

$$\Sigma P_{\text{жив}} = 0,6 \cdot P_{\text{ж1}}, \quad [45]$$

– нагрузки на промежуточную неподвижную опору от участков трубопровода с отличными диаметрами по обе стороны опоры, при ( $DN_1 > DN_2$ ), Н:

$$\Sigma P_{\text{жив}} = 0,6 \cdot P_{\text{ж1}} + P_{\text{ос1}} - P_{\text{ос2}}, \quad [46]$$

9.3.4.10 Формулы составлены из условия установки на смежных участках теплопроводов осевых СК и СКУ с жёсткостью сильфонов, отличающихся не более  $\pm 30\%$ .

В случае неизбежности установки на смежных участках компенсаторов с большей разностью жёсткостей нагрузки на промежуточные неподвижные опоры от жёсткости соответственно пересчитываются с учётом фактической разницы жёсткостей.

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

9.3.4.12 При равенстве сил, действующих с каждой стороны промежуточной неподвижной опоры, горизонтальная осевая нагрузка на неподвижную опору определяется как сумма сил, действующих с одной стороны неподвижной опоры с коэффициентом 0,3 для сил трения, и 0,6 для жесткостей СК и СКУ.

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

9.3.4.14 Расчетные формулы для определения суммарных горизонтальных нормативных нагрузок на неподвижные опоры для наиболее характерных схем установки осевых СК и СКУ в Приложении Б.

9.3.5 Расчет живучести системы с применением СК и СКУ.

Инов. № подл.	Взам. инв. №	Инов. № дубл.	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>РД-17-ВЭП</b>	Лист
						42

9.3.5.1 При I способе применения компенсаторов при *надземной* прокладке следует произвести проверку живучести системы в экстремальных условиях, при которых:

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

Результаты проверки должны быть отмечены в проекте.

9.3.5.2 Напряжения, возникающие в теплопроводе в экстремальных условиях при остывании его от ( $t_0$ ) до ( $t_{\text{мин}}$ ), следует определять по приближенной, но достаточной для проверки, формуле, Н/мм<sup>2</sup>:

$$\sigma_{\text{жив}} = \frac{\sigma_{\text{ос}} + \sigma_{\text{ж}} + 0,8 \cdot \sqrt{\sigma_{\text{из}}^2 + \sigma_{\text{ветер}}^2}}{\varphi_1} \leq \sigma_{\text{расч}}, \quad [47]$$

где:

$\varphi_1$  – коэффициент прочности поперечного сварного шва;

$\sigma_{\text{ос}}$  – дополнительное напряжение, возникающее в трубе при остывании от ( $t_0$ ) до ( $t_{\text{мин}}$ ), Н/мм<sup>2</sup>:

$$\sigma_{\text{ос}} = \alpha \cdot E \cdot (t_0 - t_{\text{мин}}) \cdot 10^{-3}, \quad [48]$$

$\sigma_{\text{ж}}$  – напряжение в трубе от силы жесткости сильфона компенсатора, Н/мм<sup>2</sup>:

$$\sigma_{\text{ж}} = \frac{C_{\lambda} \cdot \lambda^{1/2}}{S_{\text{эф}}} \cdot 10^{-2}, \quad [49]$$

$\sigma_{\text{из}}$  – изгибающее напряжение от собственного веса теплопровода, Н/мм<sup>2</sup>:

$$\sigma_{\text{из}} = \frac{g_{\text{трубы}} \cdot L_{\text{подв}}^2}{12 \cdot W}, \quad [50]$$

$\sigma_{\text{ветер}}$  – изгибающее напряжение от ветровой нагрузки, Н/мм<sup>2</sup>:

$$\sigma_{\text{ветер}} = 1,4 \cdot \frac{\Psi \cdot D_{\text{об}} \cdot L_{\text{подв}}^2}{12 \cdot W}, \quad [51]$$

В формулах:

$\Psi$  – скоростной напор ветра, Н/м<sup>2</sup> (по СП 131.13330.2012 «Строительная климатология»);

$\alpha$  – коэффициент линейного расширения стали, 0,012 мм/м<sup>0</sup>С;

$E$  – модуль упругости материала трубы, 2·10<sup>5</sup> Н/мм<sup>2</sup>;

$t_0$  – расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления (средняя температура наружного воздуха наиболее холодной пятидневки, обеспеченностью  $t_{0(0,92)}$ ) по СП 131.13330.2011 «СНиП 23-01–99\* «Строительная климатология»», °С.

$t_{\text{мин}}$  – минимум температур наружного воздуха в данной местности. Определяется по согласованию с заказчиком по СП 131.13330.2012 «Строительная климатология» или по заданной обеспеченности (например,  $t_{\text{мин}(0,98)}$ ), °С;

$\sigma_{\text{расч}}$  – расчетное осевое напряжение в трубе, Н/мм<sup>2</sup>;

$D_{\text{об}}$  – наружный диаметр оболочки, мм;

$g_{\text{трубы}}$  – вес 1 м теплопровода без воды, Н/м;

Инов. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Инов. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

<b>РД-17-ВЭП</b>					Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	43

$S_{эф}$  – эффективная площадь поперечного сечения сильфонного компенсатора, см<sup>2</sup>.

Принимается по приложению В;

$C_{\lambda}$  – жесткость осевого хода, Н/мм;

$\lambda_{1/2}$  – половина амплитуды осевого хода, мм;

**12** – коэффициент от 3 до 12 в зависимости от конфигурации и месторасположения участка теплопровода на трассе (для прямых участков принимается равным 12);

$L_{подв}$  – расстояние между направляющими (скользящими) опорами, м;

$W$  – момент сопротивления поперечного сечения стенки трубы, см<sup>3</sup>:

$$W = \frac{0,1 \cdot (D_H^4 - D_{ВН}^4)}{D_H}, \quad [52]$$

где:

$D_H$  – наружный диаметр трубы, мм;

$D_{ВН}$  – внутренний диаметр трубы, мм.

9.3.5.3 Если в результате проверки окажется, что  $\sigma_{жив} > \sigma_{расч}$ , а повторный более точный расчёт с использованием РД 10-249 и РД 10-400 подтвердит недопустимую величину осевого напряжения  $\sigma_{жив}$ , следует пересмотреть ранее принятые в проекте решения с целью снижения  $\sigma_{жив}$  до приемлемых значений (уменьшить длину компенсируемого участка, выбрать осевой СК или СКУ с большей компенсирующей способностью, изменить коэффициент обеспеченности ( $t_{0(0,92)}$ ), уменьшить расстояния между подвижными опорами и т.д.).

9.3.6 Расчёт устойчивости системы с применением СК и СКУ.

9.3.6.1 При *бесканальной* прокладке критическое усилие от наиболее невыгодного сочетания воздействий и нагрузок, при котором теплопровод теряет устойчивость, подсчитывается по формуле, Н/м:

$$\mathcal{R}_{кр} = \frac{1,1 \cdot N^2}{E \cdot J} \cdot i \cdot 10^2, \quad [53]$$

где:

$E$  – модуль упругости материала трубы (модуль Юнга), Н/мм<sup>2</sup>;

$J$  – момент инерции трубы, см<sup>4</sup>:

$$J = 0,05 \cdot (D_H^4 - D_{ВН}^4), \quad [54]$$

$N$  – осевое сжимающее усилие в трубе, Н:

$$N = [(E \cdot \alpha \cdot (t_1 - t_{монт}) \cdot 10^{-3} - 0,3 \cdot \sigma_{раст}) \cdot F_{ст} + P_{вн} \cdot F_{пл}], \quad [55]$$

где:

$F_{ст}$  – площадь поперечного сечения стенки трубы, мм<sup>2</sup>;

$\alpha$  – коэффициент линейного расширения стали, мм/м °С;

$E$  – модуль упругости материала трубы (модуль Юнга), Н/мм<sup>2</sup>;

$\sigma_{раст}$  – растягивающее окружное напряжение от внутреннего давления, Н/мм<sup>2</sup>;

$P_{вн}$  – внутреннее давление в трубопроводе, Н/мм<sup>2</sup>;

$F_{пл}$  – площадь действия внутреннего давления, мм<sup>2</sup>;

Изн. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Изн. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

<b>РД-17-ВЭП</b>					Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	44

$$F_{пл} = 0,785 \cdot D_{вн}^2 \quad [56]$$

$i$  – начальный изгиб трубы, м:

$$i = \frac{L_{изг}}{200} \quad [57]$$

где:

$L_{изг}$  – длина местного изгиба теплопровода, м:

$$L_{изг} = 0,1 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{E \cdot J}{|N|}} \quad [58]$$

где:

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

9.3.6.2 Вертикальная нагрузка оказывает стабилизирующее влияние и определяется по формуле, Н/м:

$$\mathcal{R}_{ст} = q_{грунта} + q_{трубы} + 2 \cdot S_{сдвига} > \mathcal{R}_{кр} \quad [59]$$

где:

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

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

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

9.3.6.3 Для случаев, когда уровень стояния грунтовых вод ниже глубины заложения теплопровода, Н/м:

$$S_{сдвига} = 0,5 \cdot \gamma \cdot Z^2 \cdot K_0 \cdot tg\varphi, \quad [60]$$

$$q_{грунта} = \gamma \cdot 10^{-6} \cdot [Z \cdot D_{об} \cdot 10^3 - 0,125 \cdot D_{об}^2 \cdot \pi], \quad [61]$$

В формулах:

$\gamma$  – удельный вес грунта, Н/м<sup>3</sup>;

$Z$  – глубина засыпки по отношению к оси трубы, м;

$K_0$  – коэффициент давления грунта в состоянии покоя.  $K_0 = 0,5$ ;

$\varphi$  – угол внутреннего трения грунта (естественного откоса);

$D_{об}$  – наружный диаметр оболочки теплопровода, мм.

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

$$\mathcal{R}_{бал} = K_{вспл} \cdot \gamma_{пульпы} \cdot \omega_{вспл} + q_{трубы} + g_{но}, \quad [62]$$

где:

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

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

Инов. № подл.	Взам. инв. №	Инов. № дубл.	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>РД-17-ВЭП</b>	Лист
						45

1,15 – при прокладках по болотистой местности.

$\gamma_{\text{пульпы}}$  – вес пульпы (воды и взвешенных частиц грунта), Н/м<sup>3</sup>;

$\omega_{\text{вспл}}$  – объем пульпы, вытесненной теплопроводом, м<sup>3</sup>/м;

$q_{\text{трубы}}$  – вес 1 м теплопровода без воды, Н/м;

$g_{\text{но}}$  – вес неподвижных опор, Н/м.

### 9.3.7 Расчет монтажной длины компенсатора.

9.3.7.1 На рабочих чертежах трубопроводов тепловых сетей следует приводить таблицу монтажных длин осевых СК и СКУ в зависимости от температуры наружного воздуха, при которой ведётся монтаж.

9.3.7.2 Монтажная длина СК и СКУ определяется, мм:

Для I способа применения осевых СК, СКУ:

$$L_{\text{МОНТ}} = L_{\text{СК}} + [0,5 \cdot (t_1 + t_0) - t_{\text{МОНТ}}] \cdot L \cdot \alpha \cdot 1,1, \quad [63]$$

Для II способа применения осевых СК, СКУ:

$$L_{\text{МОНТ}} = L_{\text{СК}} + [0,5 \cdot (t_1 + t_{\text{МИН}}) - t_{\text{МОНТ}}] \cdot L \cdot \alpha \cdot 1,1, \quad [64]$$

Для III способа применения осевых СК, СКУ:

$$L_{\text{МОНТ}} = L_{\text{СК}} + [0,5 \cdot (t_1 + t_3) - t_{\text{МОНТ}}] \cdot L \cdot \alpha \cdot 1,1, \quad [65]$$

в формулах:

$L_{\text{СК}}$  – паспортная длина СК, СКУ, мм;

$t_1$  – максимальная рабочая температура теплоносителя, °С;

$t_{\text{МИН}}$  – минимум температур наружного воздуха в данной местности. Определяется по согласованию с заказчиком по СП 131.13330.2012 «Строительная климатология» или по заданной обеспеченности (например,  $t_{\text{МИН}(0,98)}$ ), °С;

$t_3$  – минимальная температура в условиях эксплуатации ( $t_{\text{МОНТ}}$ ,  $t_{\text{упора}}$ , или любая другая температура).

Выбор (расчет)  $t_3$  выполняется проектировщиком по согласованию с заказчиком и эксплуатирующей организацией.

$t_{\text{упора}}$  – температура стенки трубопровода в момент упора полностью растянутого сильфона в ограничитель, °С;

$t_{\text{МОНТ}}$  – монтажная температура, °С;

$t_0$  – расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления (средняя температура наружного воздуха наиболее холодной пятидневки, обеспеченностью  $t_{0(0,92)}$ ) по СП 131.13330.2011 «СНиП 23-01-99\* «Строительная климатология»», °С.

$L$  – длина компенсируемого участка, м;

$\alpha$  – коэффициент линейного расширения стали, мм/мм °С;

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

Для IV способа применения (с использованием ССК):

ССК поставляются в растянутом состоянии.

Расчет настройки ССК, если компенсатор располагается посередине участка трубопровода, производится следующим образом:

Инов. № подл.	Взам. инв. №	Инов. № дубл.	Подпись и дата	
Инов. № подл.	Взам. инв. №	Инов. № дубл.	Подпись и дата	

РД-17-ВЭП					Лист
					46
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	

Определяется размах колебаний напряжения при нагреве трубопровода от температуры монтажа до расчетной температуры теплоносителя, Н/мм<sup>2</sup>:

$$\Delta\sigma = \alpha \cdot E \cdot (t_1 - t_3) \cdot 10^{-3}, \quad [66]$$

где:

$\Delta\sigma$  – размах колебаний напряжения;

$t_1$  – температура теплоносителя, °С;

$t_3$  – монтажная температура, °С;

Находится размах напряжений для сил трения при работе системы с полной загрузкой, Н/мм<sup>2</sup>:

$$\sigma_1 = 2\sigma_{\text{доп}} - \Delta\sigma, \quad [67]$$

$$\sigma_2 = \Delta\sigma - \sigma_{\text{доп}}, \quad [68]$$

Рассчитывается допустимая монтажная длина участка трубопровода при работе системы с полной загрузкой, мм:

$$l_{\text{доп}} = \frac{\sigma_1 \cdot F_{\text{ст}}}{f_{\text{тр}}}, \quad [69]$$

где:

$F_{\text{ст}}$  – площадь поперечного сечения стенки трубы, мм;

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

Температура нагрева, при которой должны завариваться кожухи **ССК**, определяется из:

$$\sigma_2 = \Delta\sigma - \sigma_{\text{доп}} = \alpha \cdot E \cdot (t_1 - t_3) \cdot 10^{-3} - \sigma_{\text{доп}}, \quad [70]$$

$$t_{\text{н}} = t_3 + \frac{\sigma_{\text{доп}}}{\alpha \cdot E}, \quad [71]$$

где:

$t_{\text{н}}$  – температура нагрева, °С.

ССК устанавливают для возможности восприятия следующей величины удлинения:

$$\Delta L_{\text{доп}} = \alpha \cdot (t_1 - t_3) \cdot l_{\text{доп}} - \frac{f_{\text{тр}} \cdot l_{\text{доп}}^2}{2 \cdot E \cdot F_{\text{ст}}}, \quad [72]$$

Если участки с двух сторон от ССК одинаковы, то:

$$\Delta L_{\text{доп}} = 2 \cdot l_{\text{доп}}, \quad [73]$$

## 10 Требования к ведению строительства тепловых сетей с осевыми СК и СКУ.

Инов. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Инов. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>РД-17-ВЭП</b>	Лист
						47



## 10.1 Общие требования.

10.1.1 При строительстве новых, расширении, реконструкции, техническом перевооружении и ремонте действующих тепловых сетей с осевыми СК и СКУ следует руководствоваться требованиями проектной технической документации.

Основными нормативными документами являются СП 74.133300.2011 «Тепловые сети». Следует также соблюдать СП 86.13330.2012 «Магистральные трубопроводы. Актуализированная редакция СНиП III-42-80», СНиП 3.02.01-87 «Земляные сооружения. Основания и фундаменты», СП 61.13330.2012 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов», ПБ 10-573-03 «Правила устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды», «Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации, утв. приказом Минэнерго РФ от 19.06.2003г., № 229».

10.1.2 Строительство тепловых сетей включает следующие основные процессы:

- разбивку трассы;
- транспортировку труб, элементов трубопровода, компенсаторов. Их хранение;
- земляные работы;
- раскладку трубопроводов;
- сварку трубопроводов;
- устройство неподвижных опор;
- монтаж трубопроводов;
- монтаж осевых СК, СКУ;
- монтаж системы оперативного дистанционного контроля, изоляция стыковых соединений.

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

## 10.2 Ведение земляных работ.

10.2.1 При *подземной* прокладке в каналах и при *надземной* прокладке земляные работы следует производить в соответствии с требованиями СНиП 3.02.01-87 «Земляные сооружения. Основания и фундаменты», СП 86.13330.2012 «Магистральные трубопроводы. Актуализированная редакция СНиП III-42-80».

10.2.2 При *бесканальной* прокладке дополнительно должны быть выполнены следующие требования:

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

осуществлено устройство:

- приямков (не менее 0,6 м в каждую сторону от теплопроводов) для установки осевых СК, СКУ, арматуры, отводов, тройников, для удобства ведения сварочных работ и изоляции стыков труб и компенсаторов;

- расширенной траншеи по размерам, приведенным в проектной документации, для установки демпферных подушек, дренажной системы и др.;

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

Интв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Интв. № дубл.	Подпись и дата	Интв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>РД-17-ВЭП</b>	Лист
												48

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

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

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

– в зоне компрессии (слой над трубопроводом и осевыми СК и СКУ до поверхности) засыпка должна производиться материалом (песком, песчаным грунтом), не содержащим камней;

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

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

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

10.3 Монтаж трубопроводов с осевыми СК и СКУ

10.3.1 При монтаже, укладке и сварке теплопроводов с осевыми СК и СКУ следует руководствоваться ТР ТС 032/2013, СП 124.13330.2012, СП 41-105-2002, СП 74.133300.2011, с учетом требований ГОСТ 32935, технических условий ООО «МАРИЛЕНД-БЕЛ»ТУ ВУ 691455872.003-2018.

10.3.2 Монтаж трубопроводов с осевыми СК и СКУ следует производить в соответствии с проектной технической документацией.

10.3.3 Все операции по монтажу трубопровода с осевыми СК и СКУ должны выполняться специально обученным персоналом, имеющим допуск к выполняемым видам работ, обеспеченным спецодеждой и индивидуальными средствами защиты.

10.3.4 Перед монтажом участка трубопровода и осевых СК и СКУ проводится проверка состояния изоляции и целостности сигнальных проводов системы ОДК и отдельных элементов.

10.3.5 До монтажа трубопровода с осевыми СК и СКУ необходимо провести проверку прочности крепления стенок траншеи для укладки трубопровода и проверку устойчивости и крутизны откосов на соответствие требованиям безопасности.

10.3.6 Для монтажа трубы, компенсаторы и фасонные детали располагают на бровке траншеи на временных опорах (стироловых блоках, мешках с песком и т.п.).

Сварка производится после укладки труб и компенсаторов в траншею. Не допускается сваривать элементы трубопровода на бровке траншеи.

Инт. № подл.	Взам. инв. №	Инт. № дубл.	Подпись и дата

<b>РД-17-ВЭП</b>					Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	49

- 10.3.7 До начала работ по монтажу осевых СК и СКУ при *подземной* прокладке тепловых сетей в каналах или туннелях, а также при *надземной* прокладке и в помещениях необходимо смонтировать и закрепить трубопроводы на неподвижных и направляющих опорах.
- 10.3.8 Монтаж теплопроводов с осевыми СК и СКУ должен проводиться в интервале температур, указанных для проведения строительно – монтажных работ. При температурах воздуха ниже нуля, необходимо прибегать к специальным мерам, указанным в рекомендациях завода - изготовителя труб. При температуре наружного воздуха ниже минус 15°С, погрузочно-разгрузочные работы и перемещение осевых СК и СКУ не рекомендуется. При температуре окружающего воздуха ниже минус 18°С, монтаж СКУ с нанесенным на патрубки полиуретановым утеплителем в полиэтиленовой оболочке, на открытом воздухе не допускается.
- 10.3.9 Монтажные и сварочные работы при температурах наружного воздуха ниже минус 10°С должны производиться в специальных кабинах, с поддержанием температуры воздуха в зоне сварки не ниже 0°С.
- 10.3.10 Не допускается устройство стыков теплопроводов с осевыми СК и СКУ в местах прохода их через стены теплофикационных камер, подвалов, а также в пределах конструкции сопряжения бесканальных участков с канальными участками.
- 10.3.11 Врезку осевых СК и СКУ в трубопроводы следует производить в местах, предусмотренных проектной технической документацией.
- 10.3.12 Запрещается монтаж осевых СК и СКУ при отсутствии паспорта на изделие и инструкции по эксплуатации.
- 10.3.13 Не допускается установка осевых СК и СКУ, если технические характеристики изделия не соответствуют требованиям проекта теплопровода.
- 10.3.14 Установку компенсатора и СКУ в камерах, помещениях, при надземной прокладке необходимо проводить с учетом обеспечения доступа к изделию для проведения контрольных осмотров и ремонта теплоизоляции.
- 10.3.15 Установка осевых СК и СКУ на теплопровод должна проводиться таким образом, чтобы исключить воздействие на изделие непредусмотренных проектом нагрузок от трубопровода (при сжатии, растяжении, кручении, изгибе, вибрации, перекосах, неравномерности затяжки крепежа и т.д.).
- 10.3.16 Не допускается нагружать компенсаторы и СКУ весом присоединяющих участков труб, арматуры, машин и механизмов.
- 10.3.17 При подземной прокладке, необходимо обеспечить сохранность осевых СК и СКУ от затопления грунтовыми водами в период монтажа и эксплуатации. При установке на открытом воздухе, необходимо обеспечить защиту осевых СК и СКУ от прямого воздействия атмосферных осадков.
- 10.3.18 При монтаже и эксплуатации компенсатора должны быть приняты меры, исключающие попадание посторонних предметов между впадинами гофров сильфона, в стаканы разгрузочных элементов, а также в пространство между внутренним направляющим патрубком и сильфоном.
- 10.3.19 При монтаже компенсаторов сварочные швы патрубков, изготовленных из прямошовных труб, должны располагаться в верхней части патрубка изделия.
- 10.3.20 При наличии в осевом СК и СКУ внутреннего направляющего патрубка, направление стрелки на корпусе установленного компенсирующего устройства, должно совпадать с направлением движения транспортируемой среды.

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата

					<b>РД-17-ВЭП</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		50

10.3.21 До начала проведения работ по монтажу осевых СК и СКУ:

- осевые СК и СКУ должны быть проверены на отсутствие на изделии механических повреждений;
- поверхность сильфонов должна быть очищена сухим сжатым воздухом, концы трубопровода и патрубки компенсаторов и СКУ должны быть зачищены от брызг, наплывов металла и остатков изоляции и других инородных частиц;
- при необходимости поверхности компенсаторов должны быть обезжирены в соответствии с требованиями нормативно-технической документации;
- на сильфон компенсатора должна быть нанесена защитная полиэтиленовая пленка (ГОСТ 10354) толщиной не менее 0,12 мм, которая снимается только после окончательного монтажа компенсатора.

10.3.22 Монтаж осевых СК и СКУ осуществляется следующим образом:

- после проведения предварительных испытаний трубопроводов на прочность и герметичность из смонтированного на опорах трубопровода в месте, указанном в проекте, вырезается участок трубопровода («катушка»), равный монтажной длине  $L_{\text{МОНТ}}$  осевого СК или СКУ при температуре окружающего воздуха в момент монтажа. Монтажная длина вырезаемого участка трубопровода («катушки») должна вычисляться в зависимости от способа применения СК или СКУ и температуры наружного воздуха в период монтажа по формулам [63,64,65]. Температура окружающего воздуха и длина вырезаемого отрезка трубы должны быть зафиксированы актом;
- концы труб зачищаются от брызг, наплывов металла и остатков изоляции. У труб с толщиной стенки более 3 мм следует снять фаски;
- на место вырезанного участка трубопровода «катушки» устанавливается СК или СКУ. Приварка его производится к одному из концов трубопровода;
- с помощью специальных монтажных приспособлений или натяжных монтажных устройств осуществляется растяжка компенсатора (при необходимости) до стыка с трубопроводом, и его состыковка (сварка) со свободным концом трубы с последующим контролем сварных швов. Максимальный сварочный зазор между патрубком и концом трубопровода – 2 мм.

10.3.23 На период выполнения сварочных работ, необходимо обеспечить защиту сильфонов и изоляции СК и СКУ, внутренних полостей, защитного кожуха изделий от попадания брызг расплавленного металла, сварного грата и окалины; для защиты сильфонов следует использовать асбестовую ткань, для защиты торцов изоляции следует использовать жестяные разъемные экраны.

10.3.24 При проведении сварки присоединительных патрубков компенсаторов с трубопроводами в ППУ-изоляции следует:

- исключить вероятность нагрева пенополиуретановой теплоизоляции до температуры выше  $175^{\circ}\text{C}$  во избежание образования на рабочем месте токсичных выбросов;
- очистить перед сваркой поверхности неизолированных концов трубопроводов от остатков пенополиуретана;
- удалить с грунта на рабочем месте сварщика остатки пенополиуретана.

10.3.25 После монтажа СК или СКУ технологические ограничители (проставки, болты, приспособления) при их наличии, должны быть сняты.

10.3.26 После полного завершения работ по установке СК или СКУ на трубопровод, работ по установке неподвижных и направляющих опор и закрепления на них трубопровода, разрешается проводить гидравлические испытания трубопровода. Испытательное давление  $P_{\text{исп}} = 1,25PN$ .

Подпись и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подпись и дата	
Инв. № подл.	

					<b>РД-17-ВЭП</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		51

При бесканальной прокладке трубопровод с установленными СК или СКУ до начала проведения гидравлических испытаний, должен быть засыпан грунтом.

10.3.27 После проведения контрольного осмотра и гидравлических испытаний трубопроводов с осевыми СК или СКУ, необходимо произвести соединение сигнальных проводников компенсаторов с общей системой СОДК трубопровода (при ее наличии). Затем выполнить тепловую и гидроизоляцию патрубков, а также стыков соединений СК или СКУ с трубопроводом.

10.3.28 Установленные на трубопровод и принятые в эксплуатацию осевые СК и СКУ должны быть пронумерованы в соответствии с технологическими схемами. Окраска компенсатора в составе системы осуществляется по документации разработчика объекта применения (монтажной или эксплуатационной документации).

10.3.29 После монтажа, в начале эксплуатации осевых СК и СКУ, должен проводиться визуальный контроль герметичности. Контроль должен проводиться два раза в течение первой недели эксплуатации, а затем в сроки, установленные для осмотра трубопроводов, на которых установлены компенсаторы.

#### 10.4 Монтаж стартовых сильфонных компенсаторов.

10.4.1 Система трубопроводов, на которые будет установлен осевой СК типа ССК должна быть полностью смонтирована, испытана на прочность и герметичность, засыпана грунтом и утрамбована, за исключением собственно участка, где будет установлен ССК.

10.4.2 Требования к подготовке и проведению работ по монтажу ССК на теплопровод – в соответствии с п. 11.3.

10.4.3 Монтаж ССК производится в следующей последовательности:

- в месте установки ССК на трубопроводе вырезать участок длиной  $L$ ;
- на конец трубопровода надеть термоусаживающуюся полиэтиленовую муфту. Длина муфты должна быть достаточной для изоляции изделия и обоих стыков соединений ССК с трубопроводом.
- на место вырезанного участка трубы установить ССК. Произвести центровку его по отношению к торцам основной трубы;
- патрубки ССК приварить к трубопроводу стыковыми сварными швами с последующим контролем согласно требованиям ТР ТС 032/2013;
- трубопровод заполнить водой, провести гидравлический испытания на прочность пробным давлением, равным  $P_{исп} = 1,25PN$ ;
- трубопровод заполнить теплоносителем и произвести его постепенный прогрев до температуры сжатия ССК на величину рабочего хода  $t_{сск}$ . Скорость прогрева теплопровода не должна превышать 10 градусов в час. При этом необходимо контролировать соответствие перемещения ССК расчетной величине;
- после выдержки при указанной выше температуре кожухи ССК заварить между собой катетом шва не менее  $k$ , указанного в технической и сопроводительной документации на изделие, с последующим контролем сварных швов согласно требованиям ТР ТС 032/2013. Тем самым, сильфон исключается из дальнейшей работы трубопровода;
- пропустить над кожухами ССК проводники системы ОДК, исключая их контакта с металлическими поверхностями, и соединить их с проводниками системы ОДК, проложенными в пенополиуретановой изоляции труб;
- установить термоусаживающуюся полиэтиленовую муфту на стыки и кожух ССК, под которую нанести пенополиуретановую изоляцию. Отверстие в термоусаживающейся муфте заварить.

Инов. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Инов. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

<b>РД-17-ВЭП</b>					Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	52

10.4.4 Обратная засыпка при бесканальной прокладке выполняется в соответствии с требованиями СП 41-105-2002 и п.11.2.3 настоящих РД.

10.5 Тепловая изоляция осевых СК и СКУ. Изоляция стыковых соединений.

10.5.1 Тепловую изоляцию и гидроизоляцию стыков соединений осевых СК и СКУ трубопроводом следует выполнять после контроля сварных швов, окончания проведения гидравлических испытаний теплопровода, а также после повторного замера сопротивления изоляции по каждому элементу и подключения сигнальных проводников СКУ к сигнальной системе трубопровода.

10.5.2 Работы по изоляции стыков выполняются по заявке заказчика организациями, имеющими допуск от СРО на прокладку тепловых сетей и сертификат на производство этих работ.

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

10.5.4 Тепловая изоляция осевых СК и СКУ типов: ССК, КСО.МБ.01, КСО.МБ.11, КСО.МБ.21, КСО.МБ.02, КСО.МБ.04, СКУ.М.МБ выполняется одновременно с теплоизоляцией сварных стыков соединений с трубопроводом.

10.5.5 При тепловой изоляции патрубков СКУ.ППМ.МБ, компонентом ППМи-изоляции заполняют пространство между патрубками и стальной гильзой. Теплоизоляция на кожух СКУ.ППМ.МБ не наносится.

10.5.6 Тепловая изоляция и гидроизоляция кожуха и патрубков СКУ типов СКУ.ППУ.МБ выполняется в заводских условиях при изготовлении.

10.5.7 Для осевых СК типов: КСО.МБ.00, КСО.МБ.10, КСО.МБ.20 нанесение изоляции непосредственно на сильфон, а также заполнение пространства между гофрами сильфона не допускается. Для теплоизоляции сильфона необходимо установить над сильфоном защитный кожух.

10.5.8 Теплогидроизоляция не должна препятствовать свободному перемещению подвижной части компенсатора относительно наружного защитного кожуха.

10.5.9 До устройства тепло – гидроизоляции при отсутствии на концах свариваемых с компенсаторами труб заводского антикоррозионного покрытия необходимо выполнить следующие работы:

- очистить поверхность стыкового соединения (неизолированные концы труб) от грязи, ржавчины, окалины;
- просушить газовой горелкой;
- нанести на стык антикоррозионную мастику, в три слоя.

10.5.10 Изоляция стыковых соединений трубопроводов в ППУ – изоляции.

10.5.10.1 При использовании для изоляции стыков неразрезных термоусаживающихся муфт, выполненных из радиационно-модифицированного полиэтилена, муфты на полиэтиленовую оболочку теплопроводов должны быть надеты до начала монтажа осевых СК и СКУ.

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

10.5.10.3 При изоляции стыков путем заливки ППУ-композиции необходимо:

Изн. № подл.	Подпись и дата
	Изн. № дубл.
Изн. № подл.	Взам. инв. №
	Подпись и дата

<b>РД-17-ВЭП</b>					Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	53

- выполнить очистку наружной поверхности стыкового соединения, предварительно удалив слой ППУ с торцевых поверхностей труб на длину до 30 мм;
- соединить провода сигнальной системы оперативного дистанционного контроля за увлажнением ППУ;
- наложить оцинкованный лист (0,5 - 0,7 мм) стали на стык с заходом на концы труб оболочек не менее 20 мм с каждой стороны, закрепив его бандажными лентами с зажимами (или винтами-саморезами). Просверлить отверстие для заливки ППУ-композиции;
- приготовить ППУ-композицию по рекомендациям завода-изготовителя.

Заливку смеси следует производить из инвентарных пакетов, баллонов или с помощью передвижных заливочных машин. Температура компонентов должна быть не менее 18 °С.

Допускается использование заливки смеси пенополиуретана вручную из емкости с приготовлением смеси компонентов в емкости на трассе. Компоненты должны поставляться в готовом для применения виде

- залить ППУ-композицию в заливочное отверстие и выдержать необходимую для полимеризации паузу 30 минут;
- снять зажимы и бандажные ленты, закрыть заливочное отверстие металлической пластиной и закрепить винтами-саморезами;
- подготовить поверхность полиэтиленовой оболочки по обе стороны от стыка, удалить грязь, обезжирить, зачистить наждачной бумагой и активировать поверхность полиэтиленовой оболочки путем прогрева газовой горелкой до температуры не более 60 °С;
- прогреть поверхность, на которую будет укладываться термоусадочная лента, до 30 - 40 °С. Рекомендуется эту операцию проводить одновременно с процессом активации полиэтиленовой оболочки;
- наложить термоусадочную муфту на стыковое соединение с расчетом закрытия боковых поверхностей прилегающих полиэтиленовых оболочек на 10 - 15 см. На шов ленты накладывается фиксатор;
- термоусадка ленты осуществляется с помощью пропановой горелки до полной усадки ленты. Пламя горелки регулируется так, чтобы оно было желтым.

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

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

10.5.10.6 При высоком стоянии грунтовых вод следует принять дополнительные меры для защиты от проникновения воды под оболочку теплопроводов по инструкции производителя теплопроводов.

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

10.5.11 Изоляция стыковых соединений трубопроводов в ППМ – изоляции.

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

10.5.11.2 При изоляции стыков путем заливки ППМ – композиции необходимо:

Инов. № подл.	Взам. инв. №	Инов. № дубл.	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>РД-17-ВЭП</b>	Лист
						54

- установить съемную инвентарную опалубку на стык заливочным отверстием вверх, захватывая заводскую ППМ – изоляцию на концах труб внахлест с каждой стороны по 100 мм;
- приготовить ППМ – композицию с помощью передвижного смесителя. Допускается ручное приготовление ППМ – композиции из компонентов, поставляемых производителем теплопроводов;
- залить подготовленную ППМ – композицию через заливочное отверстие под опалубку. Вспенивание происходит в течение 1 - 2 минут;
- выдержать в течение 30 минут и снять съемную инвентарную опалубку.

10.5.12 Изоляция стыковых соединений ССК с трубопроводом в п.11.4 настоящих РД.

10.6 Монтаж системы оперативного дистанционного контроля.

10.6.1 Монтаж СОДК компенсаторов должен проводиться в соответствии с проектной схемой, согласованной с эксплуатирующей организацией.

10.6.2 Состав раздела СОДК в проектах тепловых сетей должен содержать:

- графические изображения схем контроля;
- характерные контрольные точки компенсаторов;
- схемы электрических соединений;
- пояснительную записку;
- спецификацию.

10.6.3 По соглашению с Заказчиком и эксплуатирующей организацией разрешается применение различных систем (типов) ОДК, монтаж, контроль и настройка которых производится по технологическим инструкциям производителя или поставщика оборудования СОДК.

10.6.4 Монтаж СОДК осевых SKU проводят специалисты, прошедшие обучение в центрах подготовки производителей оборудования СОДК или поставщиков трубопроводов в ППУ – изоляции и имеющие соответствующие удостоверения.

10.6.5 Перед началом строительно – монтажных работ необходимо провести входной контроль SKU на предмет состояния изоляции и целостности сигнальных проводников ОДК.

10.6.6 Перед монтажом необходимо обеспечить расположение проводников в верхней части стыка.

10.6.7 Монтаж СОДК проводить в соответствии с требованиями СП 41-05-2002 и технологическими инструкциями производителя.

10.6.8 Перед соединением проводников на стыках сваренного SKU и трубопровода необходимо производить проверку работоспособности системы контроля.

10.6.9 До подключения приборов контроля убедиться, что сварочные работы на трубопроводах прекращены.

10.6.10 При изоляции стыков сигнальные проводники компенсаторов и трубопроводов должны соединяться посредством обжимных втулок с последующей пайкой места соединения проводников. Пайка должна выполняться с использованием неактивных флюсов.

10.6.11 Сигнальные проводники на стыках должны быть зафиксированы в соответствии с выбранной технологией с помощью малярного скотча или тканевой ленты. Проводники - индикаторы нигде не должны касаться металла труб.

10.6.12 По окончании изоляции стыков компенсаторов производится оценка работоспособности СОДК. Система ОДК считается работоспособной, если сопротивление изоляции между сигнальными проводниками и стальным трубопроводом не ниже 1 МОм на 300 м теплотрассы. Для трубопроводов с длиной, отличающейся

Инов. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Инов. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

<b>РД-17-ВЭП</b>					Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	55



от указанной, допустимое значение сопротивления изоляции изменяется обратно пропорционально длине трубопровода.

Нормативные значения сопротивления проводников ( $R_{пр}$ ) рассчитываются по формуле, Ом:

$$R_{пр} = \rho \cdot L_{сигн}, \quad [74]$$

где:

$L_{сигн}$  – длина измеряемой линии, м;

$\rho$  – электрическое сопротивление проволоки, Ом/м ( $\rho = 0,011- 0,017$  Ом для 1м провода сечением 1,5 мм<sup>2</sup> при t =0-150 °С)

10.6.13 Проверка параметров работы СОДК на смонтированном трубопроводе производится с напряжением 250В.

10.6.14 При включенном стационарном детекторе не допускается проведение сварочных работ, подключение измерительных устройств и тестирующих приборов.

10.6.15 По окончании монтажа СОДК должно проводиться обследование, включающее:

- измерение сопротивления изоляции трубопровода;
- измерение сопротивления цепи сигнального контура;
- измерение длины сигнальных проводников и длин соединительных кабелей во

всех точках контроля;

- запись рефлектограмм.

Все результаты изменений вносятся в акт обследования.

После завершения работ составляется исполнительная схема СОДК, включающая:

- графические изображения схемы;
- расположение и соединение сигнальных проводников;
- обозначение мест расположения строительных и монтажных конструкций;
- места характерных точек;
- таблицу характерных точек;
- таблицу условных обозначений всех использованных элементов ОДК;
- спецификацию примененных приборов и материалов.

## 11 Требования к испытаниям тепловых сетей с сифонными компенсаторами и сифонными компенсирующими устройствами.

11.1 Общие положения.

11.1.1 При проведении испытаний тепловых сетей с осевыми СК и СКУ следует соблюдать действующие нормы и правила Российской Федерации, СП 124.13330 Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003 «Тепловые сети», [2], [3].

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

11.1.3 Для трубопроводов с осевыми СК и СКУ должны быть проведены следующие испытания:

- проверка чистоты трубопроводной системы и компенсаторов;
- испытания сварных соединений стальных труб с патрубками осевых СК и СКУ, испытания полиэтиленовой оболочки на плотность и прочность при бесканальной прокладке в ППУ-изоляции;

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>РД-17-ВЭП</b>	Лист
											56

– гидравлические (пневматические) испытания на прочность и плотность стальных труб и компенсаторов:

– испытания системы ОДК.

#### 11.2 Промывка тепловых сетей.

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

11.2.2 После окончания монтажа труб и компенсаторов следует провести промывку системы водой в соответствии с требованиями СП 124.13330 Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003 «Тепловые сети».

11.2.3 Если трубопроводы немедленно не вводятся в эксплуатацию, то систему в целом рекомендуется законсервировать.

#### 11.3 Проверка качества сварных соединений.

11.3.1 Проверка качества сварных соединений патрубков компенсаторов с трубопроводом производится в соответствии с ТР ТС 032/213 и проектной документацией. Проверку рекомендуется проводить по участкам.

11.3.2 Проверка качества стыковых соединений полиэтиленовой оболочки производится в соответствии с инструкциями производителя.

#### 11.4 Гидравлические испытания трубопроводов с СК и СКУ.

11.4.1 Гидравлические (пневматические) испытания на прочность и плотность стальных труб и компенсаторов проводятся испытательным давлением не более  $P_{исп} = 1,25PN$ , в соответствии с СП 124.13330 Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003 «Тепловые сети».

11.4.2 Трубопроводы с установленными осевыми СК и СКУ должны подвергаться предварительному и окончательному испытанию на прочность и герметичность.

Предварительные испытания выполняются гидравлическим способом. Для гидравлического испытания применяется вода с температурой не выше  $+40^{\circ}\text{C}$  и не ниже  $+5^{\circ}\text{C}$ . Температура наружного воздуха при этом должна быть положительной, каждый испытанный участок герметически заваривается с двух сторон заглушками. Использование для этих целей запорной арматуры не допускается.

Окончательные испытания проводятся после завершения всех строительно-монтажных работ.

#### 11.5 Испытания системы оперативного дистанционного контроля.

11.5.1 После присоединения сигнальных проводников-индикаторов осевых СК и СКУ к общей сигнальной системе трубопровода и заполнения стыков пеной, должны быть завершены следующие работы по сигнальной системе:

- выполнено измерение действительной величины сопротивления проводов;
- выполнено функциональное испытание по инструкции предприятия-изготовителя сигнальной системы;
- проведено моделирование основных возможных неисправностей;
- нормативные показатели системы ОДК указаны в п.11.6 настоящего РД.

Подпись и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подпись и дата	
Инв. № подл.	

					<b>РД-17-ВЭП</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		57

## 12 Требования к эксплуатации тепловых сетей с применением сильфонных компенсаторов.

12.1 Приемка в эксплуатацию законченных строительством тепловых сетей с осевыми СК и СКУ должна производиться в соответствии с указаниями СНиП 3.01.04-87 «Приемка в эксплуатацию законченных строительством объектов. Основные положения», СП 124.13330.2012 «Тепловые сети. Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003» и ТУ ВУ 691455872.003-2018ООО «МАРИЛЕНД-БЕЛ».

12.2 В состав приемочной комиссии следует включать представителя проектной организации.

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

- акты, составленные при монтаже осевых СК или СКУ с указанием температуры монтажа и величины предварительной растяжки (на каждое изделие);
- акт на качество заполнения стыков труб с осевыми СК или СКУ теплоизоляционным материалом (пенополиуретаном, пенополимербетоном, минеральной ватой, армопенобетоном и др.);
- акт испытаний на прочность и плотность сварных соединений полиэтиленовой оболочки (при прокладке трубопроводов в ППУ-изоляции);
- акт функциональных испытаний системы ОДК с результатами проведенного моделирования основных возможных неисправностей;
- паспорта на осевые СК или СКУ с отметкой о приемке компенсаторов предприятием-изготовителем.

12.4 При эксплуатации осевых СК и СКУ должны быть приняты меры по предупреждению возможного нанесения ущерба окружающей среде или здоровью людей, а также меры проведения необходимых действий по устранению возникающих опасных ситуаций.

12.5 Осевые СК и СКУ не требуют специального обслуживания в эксплуатации и относятся к неремонтируемым изделиям. Сроки контрольных осмотров, текущих ремонтов защитных стальных кожухов, патрубков, переходов, сигнальной системы, тепловой и гидроизоляции, а также направляющих опор выполняются эксплуатирующей организацией одновременно с осмотром трубопровода.

12.6 Трущиеся поверхности направляющих опор при контрольных осмотрах следует смазывать высокотемпературной смазкой.

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

12.8 В процессе эксплуатации надземно проложенные трубопроводы с осевыми СК и СКУ должны периодически проверяться на соосность в связи с возможностью просадки отдельных подвижных, направляющих и неподвижных опор, что может привести к потере устойчивости.

Во избежание заклинивания (вплоть до деформации и разрушения) направляющих опор следует периодически замерять (и восстанавливать) зазор между трубопроводом и конструкциями опор, ограничивающими его боковые перемещения.

12.9 При эксплуатации осевых СК и СКУ не допускается нагружать их крутящим моментом относительно оси компенсатора, а также силами и изгибающими моментами от массы труб, арматуры, механизмов, устройств и т.д.

Подпись и дата	
Индв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подпись и дата	
Индв. № подл.	

					<b>РД-17-ВЭП</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		58

12.10 Пуск, остановка, текущие и контрольные осмотры и испытания трубопроводов с осевыми СК и СКУ должны производиться в соответствии с эксплуатационными инструкциями и требованиями Правил технической безопасности и Правил технической эксплуатации.

12.11 При необходимости демонтажа изделия для проведения ремонтных работ на теплопроводе, необходимо зафиксировать положение осевого СК или СКУ и температуру воздуха перед началом демонтажа. Стартовый сильфонный компенсатор ССК в этом случае подлежит замене.

12.12 Эксплуатирующие организации должны вести учет фактической наработки осевых СК и СКУ.

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

12.14 Эксплуатацию осевого СК или СКУ необходимо прекратить при:

- достижении изделием назначенного ресурса службы, в этом случае дальнейшая эксплуатация возможна только после проведения технического освидетельствования;
- обнаружении потери герметичности изделия;
- появлении трещин, складок, выпучивания, сильной коррозии гофров сильфонов;
- нарушении устойчивости сильфона;
- сверхдопустимом сжатии или растяжении изделия вследствие нарушения режима эксплуатации.

### 13 Требования к ремонтно-восстановительным работам тепловых сетей с сильфонными компенсаторами и сильфонными компенсирующими устройствами.

13.1 Ремонтно-восстановительные работы на трубопроводах тепловых сетей с осевыми СК и СКУ должны производиться специалистами эксплуатирующей организации, прошедшими обучение в центрах подготовки заводов производителей трубопроводов, специализированными организациями, имеющими аккредитацию в СРО, или силами заводов-производителей трубопроводов (поставщиков).

13.2 Материалы и оборудование, используемые при ремонтно – восстановительных работах, должны соответствовать требованиям, предъявляемым к материалам и оборудованию при строительстве тепловых сетей.

13.3 Все изменения, вносимые в конструкцию трубопроводов тепловых сетей с осевыми СК и СКУ в проведения ремонта тепловых сетей, должны быть согласованы с проектной организацией – разработчиком проекта данной теплосети.

13.4 При механическом повреждении полиэтиленовой оболочки теплоизоляции на патрубках осевых СК или СКУ на глубину не более 20 % толщины стенки оболочки место повреждения следует очистить от грязи, пыли, масел и пр. и наложить термоусадочную ленту (с подслоем герметика) с последующим ее нагревом.

13.5 При несквозном повреждении полиэтиленовой оболочки теплоизоляции на патрубках осевых СК или СКУ (надрез, глубокая риска и т.д.) или при проколе, повреждение следует раскрыть под углом 45 °, обезжирить ацетоном и заварить экструзионной сваркой (ручным эструдером).

13.6 При механическом локальном повреждении полиэтиленовой или оцинкованной оболочки и изоляции на патрубках осевых СК или СКУ, поврежденную оболочку и теплоизоляцию с патрубка компенсатора следует удалить, обеспечив срезку оболочки и теплоизоляции перпендикулярно патрубка компенсатора. Снятие теплоизоляционного слоя

Подпись и дата	
Интв. № дубл.	
Взам. интв. №	
Подпись и дата	
Интв. № подл.	

<b>РД-17-ВЭП</b>					Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	59

следует производить таким образом, чтобы не повредить медные проводники-индикаторы СОДК. После этого следует выполнить тепло - гидроизоляцию покрытие поврежденного патрубка компенсатора.

13.7 При обнаружении неисправности СОДК (обрыв или увлажнение) необходимо проверить наличие и правильность подключения заглушек и перемычек терминалов во всех точках контроля, после чего провести повторные измерения.

13.8 При подтверждении неисправностей СОДК трубопроводов тепловых сетей с осевыми СК или СКУ, находящихся на гарантийном обслуживании строительной организации (организации, осуществляющей монтаж, наладку и сдачу СОДК), эксплуатирующая организация уведомляет о характере неисправности завод – изготовитель оборудования либо монтажную организацию, которая проводит определение места неисправности.

13.9 При локальном повреждении ППМ – изоляции на коротком участке теплопровода, ремонт производится с помощью металлической опалубки и специально подобранных под диаметр трубы фланцев. Опалубку одевают на участок трубопровода с поврежденной изоляцией, заливают необходимым количеством пенополимерминеральной смеси и после ее застывания, снимают опалубку.

13.10 При повреждении осевого СК или СКУ на участке трубопроводов тепловых сетей, компенсатор следует полностью вырезать и на его место установить новый компенсатор, в соответствии с проектной документацией и требований по монтажу настоящих РД.

13.11 При разрыве трубопровода с обводнением грунта и растеканием горячей воды, опасная зона должна быть ограждена и при необходимости выставлены наблюдающие. На ограждении должны быть установлены предупреждающие плакаты и знаки безопасности, а в ночное время - сигнальное освещение.

13.12 Контроль качества при ремонтно-восстановительных работах тепловых сетей с осевыми СК и СКУ.

13.12.1 Контроль качества ремонтно-восстановительных работ тепловых сетей с осевыми СК и СКУ производится по следующим пунктам:

- соответствие проектной документации;
- проверка чистоты трубопроводной системы;
- испытания на плотность и прочность;
- испытания системы ОДК;
- гидравлические испытания на прочность и плотность теплопроводов.

13.12.2 Контроль качества ремонтно-восстановительных работ с осевыми СК и СКУ проводят представители Заказчика (эксплуатирующей организации) совместно с представителями проектной организации и ответственного за производство работ на теплосети.

13.12.3 Результаты приемки строительно-монтажных и ремонтно-восстановительных работ тепловых сетей с осевыми СК и СКУ должны быть зафиксированы актами.

Инов. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Инов. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

					<b>РД-17-ВЭП</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		60

## 14 Требования к безопасности при монтаже и эксплуатации сильфонных компенсаторов и сильфонных компенсирующих устройств

### 14.1 Требования к безопасности при монтаже.

14.1.1 Осевые СК и СКУ должны обеспечивать герметичность относительно внешней среды.

14.1.2 Монтаж осевых СК и СКУ должен выполняться в соответствии с требованиями настоящих РД, Руководства по монтажу, изложенному в паспорте на изделие.

14.1.3 При монтаже и эксплуатации осевых СК и СКУ следует соблюдать нормы и требования безопасности, действующие на объектах применения указанных изделий.

### 14.2 Требования к безопасности при эксплуатации.

14.2.1 Эксплуатация осевых СК и СКУ должна выполняться в соответствии с требованиями настоящих РД и Руководству по эксплуатации, изложенному в паспорте.

14.2.2 К входному контролю, монтажу, эксплуатации, демонтажу, техническому обслуживанию осевых СК и СКУ допускается квалифицированный персонал не моложе 18 лет, прошедший медицинское освидетельствование, подготовленный по соответствующим программам, изучивший устройство компенсаторов, указания по монтажу и эксплуатации компенсаторов, Правила безопасности, нормативную документацию Ростехнадзора по промышленной безопасности и охране окружающей среды, прошедший аттестацию и допущенный к проведению работ в установленном порядке.

14.2.3 Осевые СК и СКУ относятся к взрывобезопасным изделиям, их конструкция не вызывает искрообразования в работе.

14.2.4 Эксплуатирующей организацией должен вестись учет наработки компенсатора, обеспечивающий контроль достижения назначенной наработки и других показателей надежности.

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

14.2.6 Для обеспечения безопасной эксплуатации осевых СК и СКУ запрещается:

- эксплуатация осевых СК и СКУ при отсутствии паспорта на изделие;
- эксплуатация осевых СК и СКУ в условиях, не соответствующих указанным в паспорте изделия;
- использование осевых СК и СКУ в качестве опор для оборудования и трубопроводов;
- демонтаж осевых СК и СКУ и ремонтные работы при наличии давления среды в полости изделия;
- в период проведения монтажных работ класть на изделие отдельные детали или монтажный инструмент;
- применять для управления изделием не предусмотренные эксплуатационными документами рычаги, удлиняющие плечо рукоятки и т.д.

### 14.3 Экологическая безопасность.

14.3.1 Осевые СК и СКУ в процессе эксплуатации относятся к малоопасным объектам. При изготовлении, хранении, транспортировании, эксплуатации, утилизации компенсаторы и СКУ не содержат веществ, разрушающих озоновый слой атмосферы, не выделяют

Подпись и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подпись и дата
Инв. № подл.

РД-17-ВЭП					Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	61

в окружающую среду токсичных веществ и не оказывают при непосредственном контакте вредного влияния на организм человека.

14.3.2 После окончания срока эксплуатации сильфонные компенсирующие устройства не представляют опасности для жизни, здоровья людей и для окружающей среды.

14.3.3 Прочность и герметичность осевых СК и СКУ, при соблюдении правил по эксплуатации и техническому обслуживанию, обеспечивают безопасность и сохранение окружающей среды.

14.3.4 Осевые СК и СКУ соответствуют требованиям ГН 2.1.6.1338-03, ГН 2.1.6.2309-07, ГН 2.2.5.1313-03 и ГН 2.2.5.2308-07.

## 15 Требования к транспортировке и хранению сильфонных компенсаторов и сильфонных компенсирующих устройств.

15.1 Транспортирование и хранение осевых СК и СКУ должно проводиться с учетом всех требований, изложенных в ТУ ВУ 691455872.003-2018.

15.2 Погрузка, разгрузка, транспортирование и складирование компенсаторов должны проводиться аттестованным персоналом с соблюдением требований безопасности при выполнении данных работ. Требования безопасности при проведении погрузочно – разгрузочных работ – в соответствии с требованиями ГОСТ 12.3.009 и ГОСТ 12.3.020.

15.3 В период хранения, транспортирования к месту монтажа и в период монтажа должны быть приняты меры, исключающие повреждение осевых СК и СКУ и загрязнение внутренних поверхностей изделий и концов патрубков, а так же обеспечивающие сохранность упаковки, консервации и защитных покрытий.

15.4 Осевые СК и СКУ допускается транспортировать всеми видами транспорта в соответствии с требованиями и правилами перевозки грузов, действующих на данном виде транспорта.

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

15.6 Погрузочно – разгрузочные работы осевых СК и СКУ осуществляют в интервале температур, указанных для проведения строительно – монтажных работ.

15.7 Условия транспортирования и хранения компенсаторов и СКУ в части воздействия климатических факторов:

- 2(С) – 9(ОЖ1) по ГОСТ 15150 – для транспортирования;
- 5(ОЖ4), тип атмосферы IV по ГОСТ 15150 – для хранения.

15.8 Строго запрещается сбрасывание, скатывание, соударения осевых СК и СКУ, волочение и качение их по земле.

15.9 Для погрузки и разгрузки, а также во время монтажа компенсаторов следует применять специальные захваты, траверсы и текстильные стропы. Не допускается использовать цепи, канаты и другие грузозахватные устройства, вызывающие повреждение сильфона, изоляции, покрытия кожухов и торцевых поверхностей патрубков.

15.10 Осевые СК и СКУ должны храниться в сухом прохладном помещении в специально оборудованном для них местах, на плоской поверхности, покрытой деревом, тканью или пластиком. Хранение компенсаторов и СКУ на открытых площадках не допускается.

15.11 Складирование, хранение компенсаторов и СКУ в местах, подверженных затоплению водой не допускается.

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>РД-17-ВЭП</b>	Лист
											62

## 16 Требования к демонтажу и утилизации сильфонных компенсаторов и сильфонных компенсирующих устройств

16.1 Отрабатывшие срок эксплуатации осевые СК и СКУ должны быть утилизированы.

16.2 Демонтаж осевых СК и СКУ должен производиться с учетом требований промышленной безопасности.

16.3 Утилизация отработанных деталей и элементов осуществляется путем разбора их на части, сортировки по видам материалов и другими способами, включая подготовительные процессы, предвещающие процесс утилизации.

16.4 Утилизация отходов металла производится металлургическим процессом.

Отходы полиэтиленовой оболочки и ППУ – изоляции утилизируют в соответствии с ГОСТ 30732. Отходы ППМ – изоляции утилизируют в соответствии с ГОСТ 56227.

Инв. № подл.					Подпись и дата													
					Изнв. № дубл.													
					Взам. инв. №													
					Подпись и дата													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 20%; text-align: center; vertical-align: middle;"><b>РД-17-ВЭП</b></td> <td style="width: 10%; text-align: center;">Лист</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Изм.</td> <td style="text-align: center;">Лист</td> <td style="text-align: center;">№ докум.</td> <td style="text-align: center;">Подп.</td> <td style="text-align: center;">Дата</td> <td></td> <td style="text-align: center;">63</td> </tr> </table>										<b>РД-17-ВЭП</b>	Лист	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		63
					<b>РД-17-ВЭП</b>	Лист												
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		63												



**Библиография:**

[1] – Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 032/2013 «О безопасности оборудования работающего под давлением».

[2] – Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под давлением»

[3] - РД 34.03.201-97 «Правила техники безопасности при эксплуатации тепломеханического оборудования электрических станций и тепловых сетей».

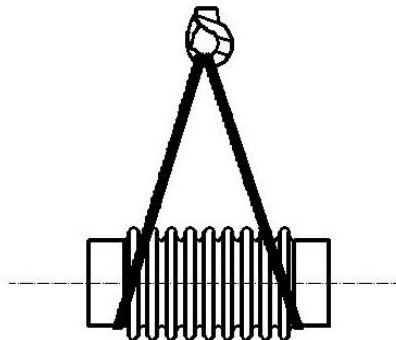
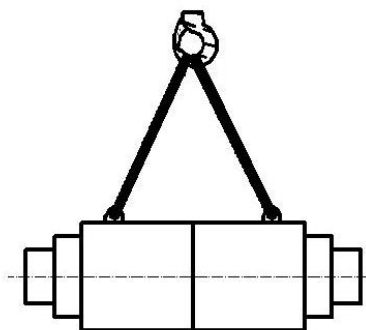
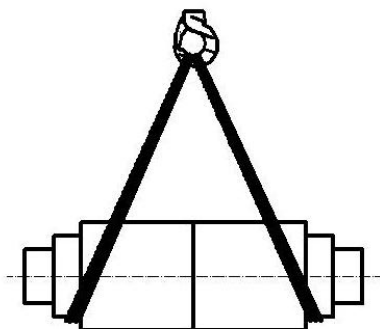
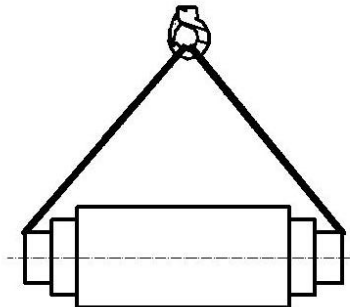
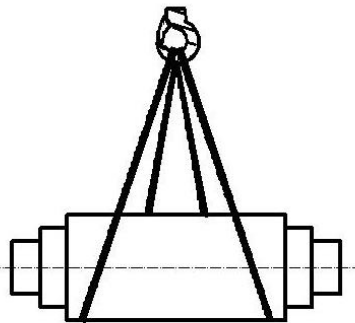
[4] - СТО НП «РТ» 70264433-4-6-2010 «Компенсаторы сильфонные и сильфонные компенсирующие устройства для тепловых сетей. Общие технические требования»

[5] СТО НП «РТ» 70264433-4-5-2010 Требования по контролю качества строительномонтажных и ремонтно-восстановительных работ на тепловых сетях в ППУ изоляции.

[6] ТР-95.01-99 «Технологический регламент производства строительномонтажных работ при возведении зданий и сооружений. Том 2. Монтаж наружных тепловых сетей с промышленной тепловой изоляцией».

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	<b>РД-17-ВЭП</b>					Лист
										64
					Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	

Приложение А  
(рекомендуемое)  
СХЕМЫ СТРОПОВКИ ОСЕВЫХ СК И СКУ  
ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПОГРУЗОЧНО – РАЗГРУЗОЧНЫХ РАБОТ.



Инов. № подл.	Взам. инв. №	Инов. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата	Подпись и дата

					<b>РД-17-ВЭП</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		65

Приложение Б

(справочное)

РАСЧЕТНЫЕ ФОРМУЛЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СУММАРНЫХ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ НАГРУЗОК  
НА НЕПОДВИЖНЫЕ ОПОРЫ ТРУБ

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

Обозначения:

$P_{г.о}$  – горизонтальная нагрузка в осевом направлении;

$P_{г.б}$  – горизонтальная нагрузка в боковом направлении;

$P_{р1}$  – распорное усилие от внутреннего давления на первом участке;

$P_{р2}$  – распорное усилие от внутреннего давления на втором участке;

$P_{ж}$  – усилие, возникающее вследствие жесткости компенсаторов;

$P_{ж1}$  – усилие, возникающее вследствие жесткости компенсатора на первом участке;

$P_{ж2}$  – усилие, возникающее вследствие жесткости компенсатора на втором участке;

$P_{тр}$  – сила трения в подвижных опорах и теплопровода о грунт (при бесканальной прокладке);

$P_{тр1}$  – сила трения в подвижных опорах и теплопровода о грунт (при бесканальной прокладке) на первом участке;

$P_{тр2}$  – сила трения в подвижных опорах и теплопровода о грунт (при бесканальной прокладке) на втором участке;

$P_{тр.с}$  – сила трения в сальниковом компенсаторе;

$P_{вд}$  – ?;

$P_{рб}$  – ?;

$D_{y1}$  – условный диаметр трубопровода первого участка;

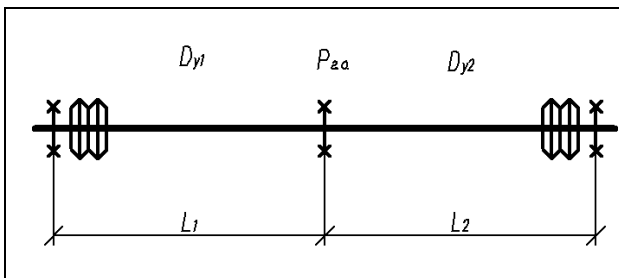
$D_{y2}$  – условный диаметр трубопровода второго участка;

Таблица В.1

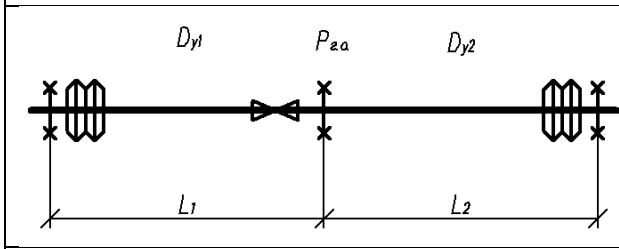
Схема расчетного участка трубопровода	Расчетные формулы
1	2
	$D_{y1} > D_{y2}$ $P_{г.о} = 1,3P_{ж1} - 0,7P_{ж2} + (P_{р1} - P_{р2})$ $D_{y1} = D_{y2}$ $P_{г.о} = 0,6P_{ж}$
	$P_{г.о} = 1,3P_{ж1} + P_{р1}$ $P_{г.о} = 1,3P_{ж2} + P_{р2}$

Инов. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Инов. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>РД-17-ВЭП</b>	Лист
						66



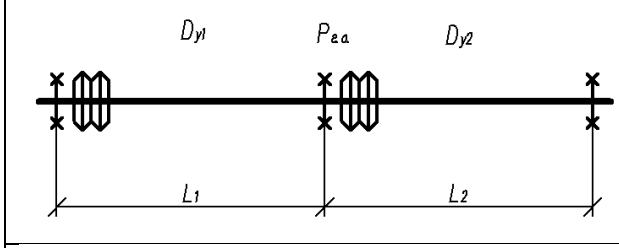
$D_{y1} > D_{y2}$   
 $P_{г.о} = (1,3P_{ж1} + P_{тр1}) - 0,7(P_{ж2} + P_{тр2}) + (P_{р1} - P_{р2})$   
 $P_{г.о} = (1,3P_{ж1} + P_{тр2}) - 0,7(P_{ж2} + P_{тр1}) + (P_{р1} - P_{р2})$   
 $D_{y1} = D_{y2}$   
 $P_{г.о} = 0,6P_{ж} + 0,3P_{тр}$   
 $L_1 = L_2$



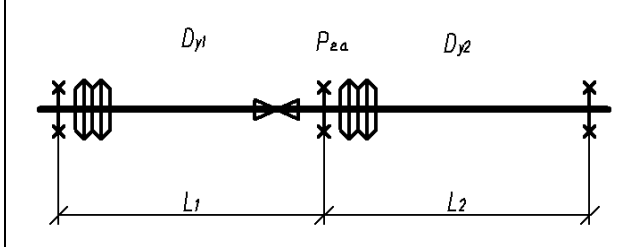
$P_{г.о} = 1,3P_{ж1} + P_{р1} + P_{тр1}$   
 $P_{г.о} = 1,3P_{ж2} + P_{р2} + P_{тр2}$

1

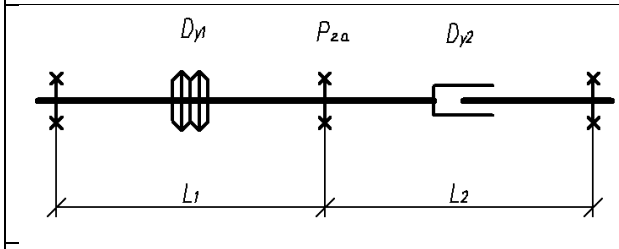
2



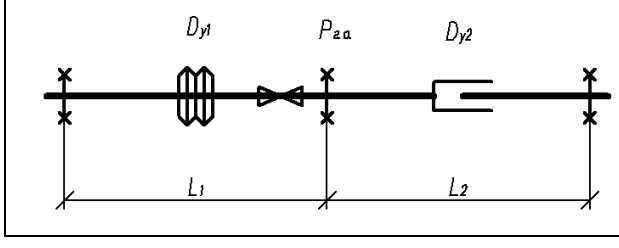
$D_{y1} > D_{y2}$   
 $P_{г.о} = (1,3P_{ж1} + P_{тр1}) - 0,7P_{ж2} + (P_{р1} - P_{р2})$   
 $D_{y1} = D_{y2}$   
 $P_{г.о} = 0,6P_{ж} + P_{тр}$



$P_{г.о} = 1,3P_{ж1} + P_{тр1} + P_{р1}$   
 $P_{г.о} = 1,3P_{ж2} + P_{р2}$



$P_{г.о} = 1,3P_{ж1} + P_{рв} + P_{тр.с}$



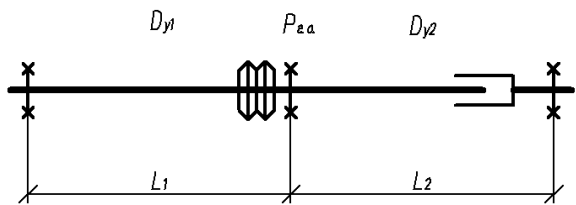
$P_{г.о} = 1,3P_{ж1} + P_{р1}$   
 $P_{г.о} = P_{тр.с} + P_{вд}$

1

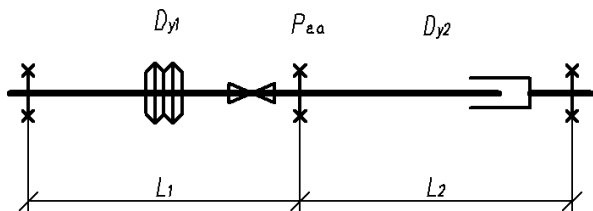
2

Инов. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Инов. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>РД-17-ВЭП</b>	Лист
						67

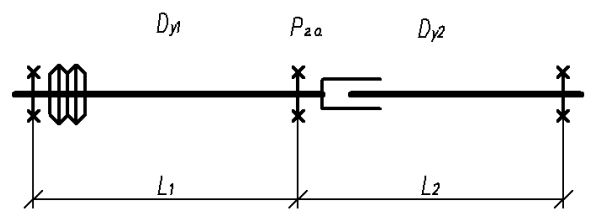


$$P_{г.о} = 1,3P_{ж1} + P_{рв} + P_{тр2} + P_{тр.с}$$

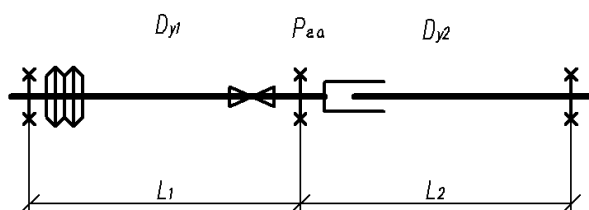


$$P_{г.о} = 1,3P_{ж1} + P_{р1}$$

$$P_{г.о} = P_{вд} + P_{рв} + P_{тр1} + P_{тр.с}$$

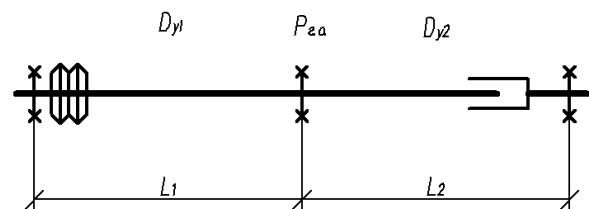


$$P_{г.о} = 1,3P_{ж1} + P_{рв} + P_{тр1} + P_{тр.с}$$



$$P_{г.о} = 1,3P_{ж1} + P_{р1} + P_{тр1}$$

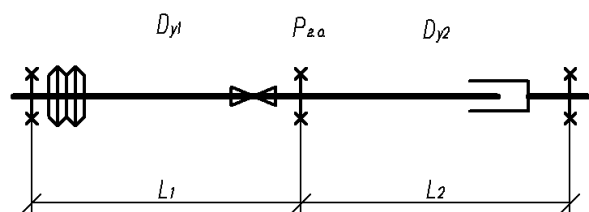
$$P_{г.о} = P_{вд} + P_{тр.с}$$



$$P_{г.о} = 1,3P_{ж1} + P_{рв} + P_{тр1} - 0,7(P_{тр2} + P_{тр.с})$$

$$P_{г.о} = 1,3P_{ж1} + P_{рв} + P_{тр1} - 0,7P_{тр1} + P_{тр.с}$$

1



$$P_{г.о} = 1,3P_{ж1} + P_{р1} + P_{тр1}$$

$$P_{г.о} = P_{вд} + P_{тр2} + P_{тр.с}$$

2

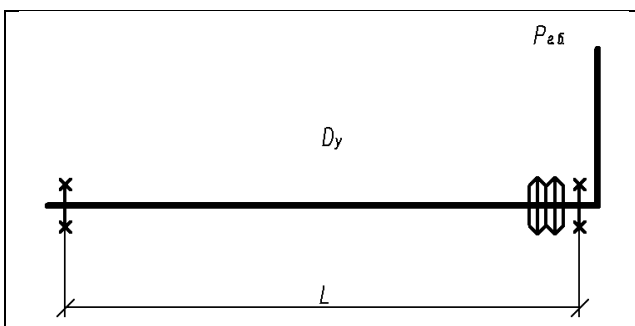
Инов. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Инов. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

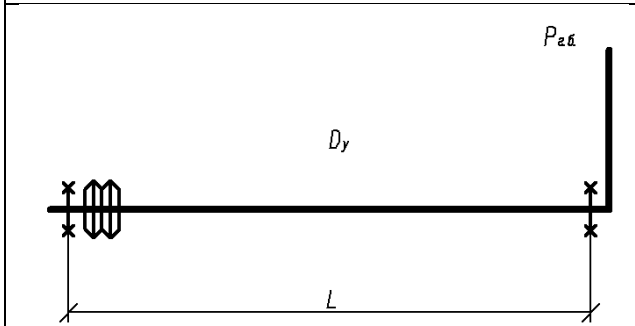
**РД-17-ВЭП**

Лист

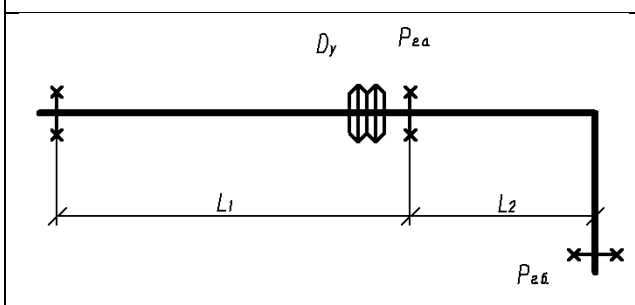
68



$$P_{г.б} = 1,3P_{ж} + P_p$$



$$P_{г.б} = 1,3P_{ж1} + P_p + P_{тр2}$$

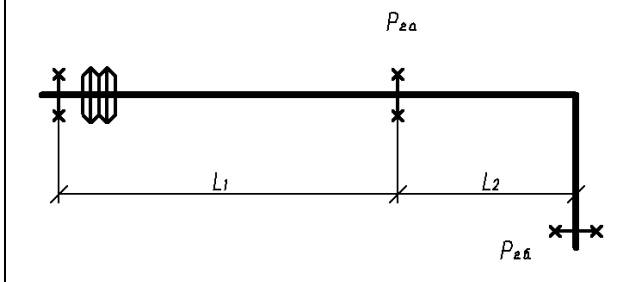


$$P_{г.о} = 1,3P_{ж1} + P_{тр2} + P_{р1} - 0,7P_x$$

$$P_{г.о} = P_{р1} + P_{тр2} - 0,7(1,3P_{ж1})$$

$$P_{г.о} = P_y$$

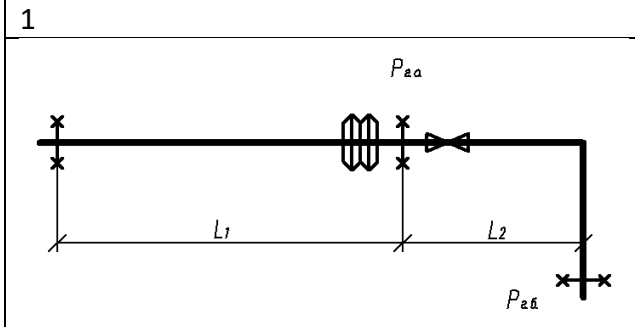
$$P_{г.о} = P_{р1} + 1,3P_{ж} - 0,7P_{тр2}$$



$$P_{г.о} = 1,3P_{ж1} + P_{тр1} + P_{р1} - 0,7(P_{тр2} + P_x)$$

$$P_{г.о} = 1,3P_{ж1} + P_{тр2} + P_{р1} - 0,7(P_{тр1} + P_x)$$

$$P_{г.б} = P_y$$

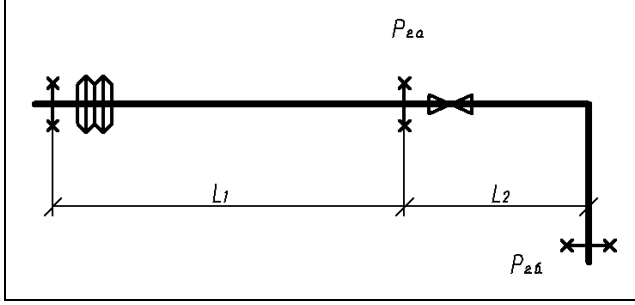


1

$$P_{г.о} = 1,3P_{ж1} + P_{р1}$$

$$P_{г.о} = P_{тр2} + P_x$$

$$P_{г.б} = P_y$$



2

$$P_{г.о} = 1,3P_{ж1} + P_{тр1} + P_{р1}$$

$$P_{г.о} = P_{тр2} + P_x$$

$$P_{г.б} = P_y$$

Инов. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Инов. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>РД-17-ВЭП</b>

Пример расчета сил и моментов, действующих от компенсатора на опоры.

Исходные условия:

- 1) Создаваемые нагрузки на опоры от веса системы трубопроводов и проходящей по ней среды не учитываются.
- 2) Силы трения, вызываемые направляющими опорами и другим оборудованием, расположенным вне трубопровода, равны нулю.
- 3) Силы и моменты, возникающие вследствие гибкости трубы, не учитываются.

Все приведенные примеры описывают системы, в которых присутствует статическое равновесие.  $\sum F_{x,y,z} = 0$  и  $\sum M_{x,y,z} = 0$ .

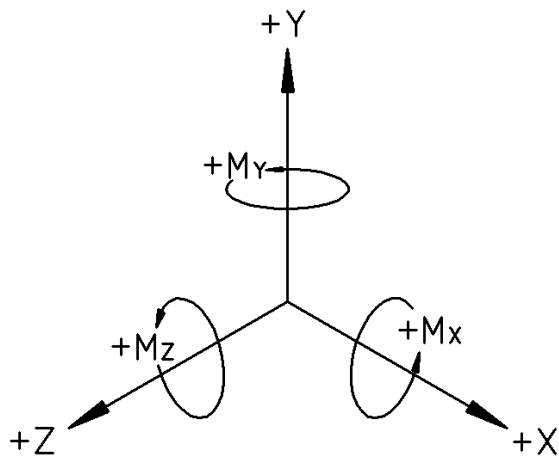


Рисунок 1 – Система координат в примерах

Пример:

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

Данные предоставляемые изготовителем компенсатора:

$S_{y\phi} = 45400$  мм<sup>2</sup>, эффективная площадь.

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

Инов. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инов. № дубл.	Подпись и дата
---------------	----------------	--------------	---------------	----------------

<b>РД-17-ВЭП</b>					Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	70

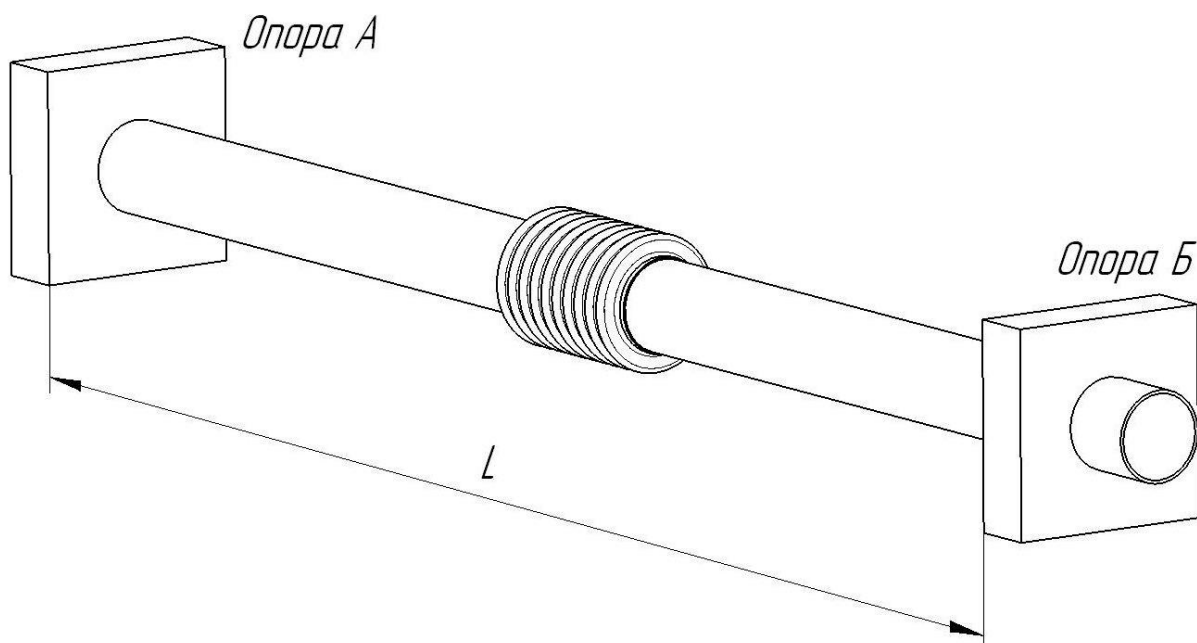


Рисунок 2 – Расчетная схема примера

Решение.

Температурные расширения трубопровода:

$$\Delta l = \alpha \cdot l (T_{\text{дод}} - T_{\text{ит}})$$

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

Максимальные деформации компенсатора:

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

Сила, действующая на опору «А» в системе координат обозначенной на рисунке 38.

$$F_A = -F_S - F_k$$

$$F_S = P_{\text{дод}} S_{\text{йо}} = 1,6 \cdot 45400 = 72640 \text{ Н}$$

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

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

Сила, действующая на опору «Б».

$$F_B = F_S + F_k$$

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

ПРИМЕЧАНИЕ: Поскольку трубопровод является прямым и без изгибов, у мертвых опор

$$F_Y, F_Z, M_X, M_Y, M_Z = 0.$$

Инов. № подл.	Взам. инв. №	Инов. № дубл.	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>РД-17-ВЭП</b>	Лист
						71