РАО «ЕЭС РОССИИ»
ОАО «ОБЪЕДИНЕНИЕ ВНИПИЭНЕРГОПРОМ»

РД-5-ВЭП

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ОСЕВЫХ СИЛЬФОННЫХ КОМПЕНСАТОРОВ АООТ «МЕТАЛКОМП» ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ, СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

по техническим условиям
ТУ 5-99 НФКП.302667.310 ТУ (СК-160.000.00 ТУ)
«КОМПЕНСАТОРЫ СИЛЬФОННЫЕ»
СК-МК

по техническим условиям
ВЕИШ.302667.300-01.43 ТУ
«СИЛЬФОННЫЕ КОМПЕНСАЦИОННЫЕ УСТРОЙСТВА»
СКУ-МК

по техническим условиям
НФКП.302667.309-01 41 ТУ
«СТАРТОВЫЕ КОМПЕНСАТОРЫ»
ССК-МК

Генеральный директор ОАО
«Объединение ВНИПИэнергопром» И.И.КУЗЬМИН

Главный инженер Б.Л.БАРОЧИН

Зам.генерального директора
по научной работе Я.А.КОВЫЛЯНСКИЙ

Москва
2001 г.

gost.e-ecolog.ru

В разработке

Руководящего Документа (РД) по применению осевых сильфонных компенсаторов АООТ «**МЕТАЛКОМП**» при проектировании, строительстве и эксплуатации тепловых сетей

по техническим условиям
ТУ 5-99 НФКП.302667.310 ТУ (СК-160.000.00 ТУ)
«Компенсаторы сильфонные»
СК-МК

по техническим условиям
ВЕИШ.302667.300-01.43 ТУ
«Сильфонные компенсационные устройства»
СКУ-МК

по техническим условиям
НФКП.302667.309-01 41 ТУ
«Стартовые компенсаторы»
ССК-МК

принимали участие:

Кандидат технических наук Я.А. КОВЫЛЯНСКИЙ

Кандидат технических наук Г.Х. УМЕРКИН

Инженер А.И.КОРОТКОВ

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общая часть..... 7
2. Исходные данные
СК-МК, СКУ-МК, ССК-МК..... 8
Расчетный срок службы..... 10
Требования к трубам..... 12
3. Правила проектирования
Общие положения..... 15
Виды теплопроводов..... 16
Выбор СК-МК, СКУ-МК, ССК-МК..... 18
Размещение СК-МК, СКУ-МК, ССК-МК..... 19
Расстановка направляющих опор..... 19
Расчет деформаций..... 21
Предельная длина участка..... 23
Способы применения СК-МК,СКУ-МК,ССК-МК..... 25
Проверка живучести системы..... 28
Проверка устойчивости системы..... 31
Прокладка теплопроводов с СК-МК,СКУ-МК,ССК-МК.. 33
Расчет нагрузок на опоры..... 34
4. Монтаж СК-МК, СКУ-МК, ССК-МК..... 37
Особенности монтажа СК-МК, СКУ-МК..... 39
Особенности монтажа ССК-МК..... 42
5. Особенности ведения строительства
Общая часть..... 44
Ведение земляных работ..... 44
Хранение и транспортировка СК-МК,СКУ-МК,ССК-МК.37
Изоляция стыков 46
Монтаж сигнальной системы..... 49

6. Правила испытаний
Общие положения..... 49
Проверка чистоты теплопроводов..... 51
Проверка качества сварных соединений
полиэтиленовой оболочки.....51
Гидравлические испытания..... 51
Испытания сигнальной системы..... 52

7. Правила эксплуатации теплопроводов с осевыми СК-МК и СКУ-МК..... 52

8. Приложения.....54

ОСНОВНЫЕ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

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

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

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

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

5. "Руководящие Документы (РД) по применению осевых металлических сильфонных компенсаторов, изготавливаемых ГУП «КОМПЕНСАТОР» и ОАО «Тульский патронный завод», при проектировании, строительстве и эксплуатации тепловых сетей", ВНИПИэнергопром, 1998 – 2001.

6. СНиП "Системы теплоснабжения", 2-я редакция. ВНИПИэнергопром, 1997.

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

8. Нормы технологического проектирования бесканально прокладываемых тепловых сетей в битумоперлите, битумокерамзите, битумовермикулите, армопенобетоне и пенополимербетоне, ВНИПИэнергопром, 1980-1996.

9. Руководящий Документ (РД) по проектированию тепловых сетей по заданному уровню надежности с помощью ПЭВМ. ВНИПИэнергопром, Пермский Гостехуниверситет. 2000.

10. ПБ-03-75-94 «Правила устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды».

В качестве вспомогательного материала при разработке настоящего РД использованы:

11. Европейский стандарт EN 253;1994.

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

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

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

$F_{ст}$ — площадь поперечного сечения стенки трубы, мм^2;
$F_{пл}$—площадь действия внутреннего давления ($0{,}785D^2_{вн}$), мм^2;
$D_н$ — наружный диаметр трубы, мм;
$D_{вн}$— внутренний диаметр трубы, мм;
$D_{об}$— наружный диаметр теплопровода по оболочке, мм;
$D_{ск}$— наружный диаметр компенсатора по сильфону, мм;
s — толщина стенки трубы, мм;
$f_{тр}$ — удельная сила трения на единицу длины трубы, Н/м;
μ — коэффициент трения;
φ — угол внутреннего трения грунта, в градусах;
$\gamma_{пульпы}$ — удельный вес пульпы, Н/м^3;
$\omega_{пульпы}$ — объем пульпы, вытесненной теплопроводом, м^3 /м;
$g_{трубы}$ — вес 1 м теплопровода без воды, Н/м;
$q_{трубы}$ — вес 1 м теплопровода с водой, Н/м;
$q_{грунта}$ — вес слоя грунта над трубой, Н/м;
γ — удельный вес грунта, Н/м^3;
Z — глубина засыпки по отношению к оси трубы, м;
$\Re_{ст}$ — вертикальная стабилизирующая нагрузка, Н/м;
$S_{сдвига}$ — сдвигающая сила, возникающая в результате действия давления грунта в состоянии покоя, Н/м;.
t_1 — максимальная расчетная температура теплоносителя, °С;
t_o — расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления (средняя температура наружного воздуха наиболее холодной пятидневки, обеспеченностью 0,92), °С;
$t_{монт}$ — монтажная температура, °С;
$\sigma_{расч}$ — расчетное осевое напряжение в трубе, Н/мм^2;
$\sigma_ж$ — напряжение от силы жесткости сильфона, Н/мм^2;
$\sigma_{из}$ — напряжение от собственного веса теплопровода, Н/мм^2;
$\sigma_{растг}$ — растягивающее окружное напряжение от внутреннего давления, Н/мм^2;
$\sigma_{доп}$ — допускаемое осевое напряжение в трубе, Н/мм^2;
$\sigma_{ос}$ — дополнительное напряжение при остывании от t_o до $t_{мин}$;
$S_{эф}$— эффективная площадь поперечного сечения сильфонного компенсатора, $S_{эф}=0{,}785.D^2_{ср.сильфона}$, см^2;
C_λ — жесткость осевого хода, Н/см;
λ — амплитуда осевого хода, мм;
L — расстояние между неподвижными опорами или условно неподвижными сечениями трубы, м;
$L_{подв}$— расстояние между подвижными опорами, м;
$L_{ску}$— паспортная длина компенсатора, мм;
$P_р$ — распорная сила сильфонных компенсаторов, Н;
$P_ж$ — сила жесткости сильфонных компенсаторов, Н;
$P_{тр}$ — сила трения теплопровода о грунт, Н;
$P_{вн}$ — внутреннее давление, Н/мм^2;
N — осевое усилие в трубе, Н;
W — момент сопротивления поперечного сечения стенки трубы, $W=0{,}1(D_н^4 - D_{вн}^4) : D_{вн}$, см^3;
α— коэффициент линейного расширения стали, 0,012 мм/м°С;

J — момент инерции трубы: $J = 0{,}05(D_н^4 - D_{вн}^4)$ см ^{4};

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

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

В примерах расчеты ведутся по энергетической теории прочности[1].

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

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ, использованные в примерах:

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

$\sigma_{расч}$ — расчетное осевое напряжение в трубе - 110 Н/мм^2;
$q_{трубы}$ — вес 1 м теплопровода с водой - 503 Н/м;
μ — коэффициент трения при ППУ-изоляции - 0,40,
γ — удельный вес грунта -18000 Н/м^3;
Z — глубина засыпки по отношению к оси трубы - 1 м;
λ — амплитуда осевого хода: СКУ-МК 150 мм – 50 мм;
α — коэффициент линейного расширения стали: 0,012 мм/м^{o}С;
E — модуль упругости материала трубы, 2.10^5 Н/мм^2;
t_1 — 150 ^{o}С;
t_0 — расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления, $t_{o(0,92)}$ = -30 ^{o}С;
$q_{трубы}$ — вес 1 м теплопровода без воды: - 341 Н/м;
$S_{эф}$ — эффективная площадь поперечного сечения СКУ - 279 см^2;
C_λ — жесткость осевого хода СКУ-МК 150 мм - 2180 Н/см;
W — момент сопротивления поперечного сечения стенки трубы: $W = 0{,}1(15{,}9^4 - 15^4) : 15{,}9 = 83{,}57$ см^3;
φ_1 — коэффициент прочности поперечного сварного шва - 0,9;
$P_{вн}$ — внутреннее давление: -1 ,6 Н/мм^2;
J — момент инерции сечения трубы:
$J = 0{,}05(15{,}9^4 - 15^4) = 664{,}4$ см^4.

1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ.

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

1.2. РД распространяется на тепловые сети, конструкция и технические данные которых соответствуют законодательным и нормативным документам Российской Федерации.

1.3. РД содержит рекомендации по применению для компенсации температурных деформаций теплопроводов тепловых сетей:

— осевых неразгруженных сильфонных металлических компенсаторов АООТ «МЕТАЛКОМП» по техническим условиям: ТУ 5-99 НФКП.302667.310 ТУ (СК-160.000.00 ТУ) «Компенсаторы сильфонные» **(далее по тексту СК-МК),**

— осевых неразгруженных сильфонных компенсационных устройств АООТ «МЕТАЛКОМП», изготавливаемых по техническим условиям: ВЕИШ.302667.300-01.43ТУ «Сильфонные компенсационные устройства»

[далее по тексту СКУ-МК],

— неразгруженных стартовых сильфонных металлических компенсаторов АООТ «МЕТАЛКОМП» по техническим условиям: НФКП.302667.309-01.41ТУ «Стартовые компенсаторы для тепловых сетей» **[далее по тексту ССК-МК].**

1.4. Для осевых сильфонных компенсаторов, сильфонных компенсационных устройств и стартовых сильфонных компенсаторов, разработанных и изготовленных другими предприятиями, по другим техническим условиям, необходима разработка других Руководящих Документов, соответствующих их конструктивным особенностям, применяемым материалам и технологии изготовления.

2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

2.1. СК-МК, СКУ-МК и ССК-МК,

2.1.1. **СК-МК и СКУ-МК** предназначены для применения в тепловых сетях, транспортирующих водяной пар или горячую воду с параметрами:

—горячей воды со скоростью до 5 м/с при:

температуре: – до 150°С,

давлении условном: – до 2,5 МПа,

— водяного пара со скоростью до 60 м/с при:

температуре: – до 250°С,

давлении условном: – до 2,5 МПа.

2.1.2. **ССК-МК** предназначены для применения в тепловых сетях, транспортирующих горячую воду со скоростью до 5 м/с при:

температуре: – до 150°С,

давлении условном – до 2,5 МПа.

2.1.3. **СК-МК, СКУ-МК и ССК-МК,** могут применяться в районах с сейсмичностью не более 9 баллов по шкале Рихтера.

2.1.4. При заказе **СК-МК, СКУ-МК и ССК-МК,** следует руководствоваться данными, изложенными в технических условиях АООТ «МЕТАЛКОМП:

ТУ 5-99 НФКП.302667.310 ТУ (СК-160.000.00 ТУ)
«Компенсаторы сильфонные»,

ВЕИШ.302667.300-01.43 ТУ
«Сильфонные компенсационные устройства»,

НФКП.302667.309-01 41 ТУ
«Стартовые компенсаторы».

2.1.5. Основные данные СК-МК, СКУ-МК и ССК-МК

2.1.5.1. **СК-МК, СКУ-МК и ССК-МК** в соответствии с ОСТ5Р.9798 испытываются на предприятии-изготовителе на прочность пробным давлением ($\mathbf{P}_{пр}$), равным 1,5 $\mathbf{P}_{у}$ и устойчивы при действии условного давления $\mathbf{P}_{у}$. Класс герметичности У по ОСТ 5Р.0170.

2.1.5.2. Теплоизоляционное и гидрозащитное покрытия **СК-МК, СКУ-МК и ССК-МК,** должны быть выполнены из того же материала, что и для основных труб тепловых сетей. Минимальная толщина теплоизоляционного слоя не должна быть меньше 50% толщины изоляционного слоя основной трубы и в любом случае не должна быть меньше 15 мм.

2.1.5.3. **СК-МК, односильфонные СКУ-МК и ССК-МК** имеют следующие количественные показатели надежности:

— вероятность безотказной работы — ≥0,9,
(вероятность безотказной работы **двухсильфонных СКУ-МК** — ≥0,8),
— готовность (вероятность исправного состояния) — ≥0,999;

2.1.5.4. Конструкции **СК-МК, СКУ-МК и ССК-МК** отвечают требованиям **живучести** (ГОСТ 27.002—89) и способны противостоять разрушению при суммарных максимальных осевых напряжениях растяжения труб тепловых сетей в **экстремальных условиях** (при нерасчетных понижениях температуры наружного воздуха, затоплениях, длительных остановах и т.п.),

2.1.5.5. Срок сохраняемости **СК-МК и СКУ-МК**
до ввода в эксплуатацию — 10 лет,
Гарантийный срок:
хранения со дня изготовления — по ГОСТ 15150,
эксплуатации со дня ввода в действие — 2 года.

2.1.5.6. Срок сохраняемости **ССК-МК**
до ввода в эксплуатацию — 1 год,
Гарантийный срок хранения со дня изготовления — 1 месяц.
Гарантийный срок эксплуатации со дня ввода в действие — 5 лет.

2.1.5.7. Подробные характеристики **СК-МК, СКУ-МК, а также ССК-МК,** приведены в приложениях 2,3,4 к настоящему РД, а также в технических условиях АООТ «МЕТАЛКОМП" соответственно: ТУ5-99 НФКП.302667.310 ТУ (СК-160.000.00ТУ) «Компенсаторы сильфонные», ВЕИШ.302667.300-01.43 ТУ «Сильфонные компенсационные устройства», НФКП.302667.309-01.41 ТУ «Стартовые компенсаторы».

2.1.6. Расчетный срок службы

2.1.6.1. Срок службы тепловых сетей устанавливается с учетом:

а) физико-химических характеристик применяемых материалов и расчетного времени утраты ресурса раздельно:

для основных трубопроводов;

для элементов трубопроводов: сильфонных компенсаторов, фасонных деталей, металлических изделий всех видов опор, байпасов, перемычек и т.п.;

для теплоизоляции по расчетному времени разрушения теплоизоляционных материалов в результате термического воздействия;

для строительных конструкций (каналов, камер, опор, дренажных устройств и т.п.) по расчетному времени разрушения материалов в результате внешних воздействий;

б) конкретных условий эксплуатации тепловых сетей и результатов поверочных расчетов на циклическую прочность фасонных деталей стальных трубопроводов (тройников, отводов и т.д.).

Поверочный расчет собственно стального трубопровода разрешается не производить [л.1, пункт 5.1.5.2.5], если повреждаемость от действия всех видов нагрузок удовлетворяет одновременно двум условиям: циклической прочности (малоцикловой усталости) и допустимой величине осевого напряжения в трубопроводе:

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

где: $Ц_i$ — число циклов нагружения данного типа;

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

σ_{eqc} — суммарное эквивалентное напряжение от весовых нагрузок, самокомпенсации и внутреннего давления;

$[\sigma]$ — номинальное допускаемое напряжение [л.1].

2.1.6.2. При применении для **СК-МК, СКУ-МК и ССК-МК** пенополиуретановой теплоизоляции с полиэтиленовой толстостенной наружной оболочкой срок службы теплоизоляции определяется по Европейскому стандарту EN 253 [л.10] и составляет при постоянной рабочей температуре теплоносителя:

120°С —30 лет,
130°С —9 лет,
140°С —4 года,
150°С —1 год.

2.1.6.3. **СК-МК, СКУ-МК и ССК-МК,** относятся к группе неремонтируемых изделий. При установлении сроков их службы и замены на новые следует учитывать также рекомендации АООТ «МЕТАЛКОМП»:

а) по предельному содержанию хлоридов в транспортируемой среде:

— для **СК-МК, СКУ-МК**:

25 лет — до 15 мг/л,
10 лет — от 15 до 30 мг/л,
8 лет — от 30 до 50 мг/л,
6 лет — от 50 до 100 мг/л,
5 лет — свыше 200 мг/л.

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

для **СК-МК, СКУ-МК:**

по назначенной наработке 200 циклов с нагружением 100% осевым ходом,

по назначенной наработке 50 циклов с нагружением 100% осевым ходом плюс 5000 циклов с нагружением 30% осевым ходом.

Примечание:

При нагружении **СК-МК, СКУ-МК** 100% осевым ходом амплитуда в цикле соответствует 100% значению амплитуды, приведенной в таблицах: 1-3 приложения 2 — для **СК-МК,** и 1-4 приложения 3 — для **СКУ-МК.**

При нагружении **СК-МК, СКУ-МК** 30% осевым ходом амплитуда в цикле соответствует 30% значению амплитуды, приведенной в таблицах 1-3 приложения 2 — для **СК-МК,** и таблицах 1-4 приложения 3 — для **СКУ-МК.**

При этом нагружение может производиться по отношению к любому из промежуточных состояний **СК-МК, СКУ-МК** при условии, что общий осевой ход не должен превышать значения амплитуды, указанной в таблицах 1-3 приложения 2 и таблицах 1-4 приложения 3;

для **ССК-МК:**

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

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

— при установке **СК-МК:**

на открытом воздухе в местностях с расчетной температурой наружного воздуха для проектирования отопления выше -40°С и

в местах, доступных для постоянного визуального осмотра: в производственных помещениях, в гидроизолированных камерах непроходных каналов, в проходных и полупроходных туннелях,

срок службы независимо от климатических условий может назначаться до 25 лет;

— при установке **СКУ-МК:**

в производственных помещениях, камерах непроходных каналов, в проходных и полупроходных туннелях при отсутствии грунтовых и других коррозионно-активных вод срок службы устанавливается независимо от климатических условий до 25 лет;

на открытом воздухе в местностях с расчетной температурой наружного воздуха для проектирования отопления выше -40°С срок службы может назначаться до 25 лет;

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

на теплопроводах, прокладываемых *бесканально*, срок службы устанавливается независимо от климатических условий до15 лет.

— при установке **ССК-МК:**

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

2.2. ТРЕБОВАНИЯ К ТРУБАМ

2.2.1. При строительстве тепловых сетей с **СК-МК, СКУ-МК и ССК-МК** для изготовления присоединительных и переходных патрубков, рекомендуется применять те же стальные трубы (приложение 1, табл.1), что и для теплопроводов, отвечающие требованиям «Правил устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды» (ПБ-03-75-94) Госгортехнадзора России и СНиП 2.04.07-86* "Тепловые сети".

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

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

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

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

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

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

до минус 40оС - из стали 17ГС,

до минус 50°С - из стали 09Г2С.

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

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

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

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

2.2.11. При применении труб, не указанных в приложении 1 к настоящему Руководству, и отсутствующих в «Правилах устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды», следует получить разрешение Госгортехнадзора России на основании положительного заключения НПО ЦКТИ,

согласования с генпроектировщиком и эксплуатирующей организацией.

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

При особой необходимости применения в тепловых сетях труб, поставляемых по Din 1626 (включая марку стали Ст 37, обладающей пониженной стойкостью к коррозии), следует получить сертификат соответствия требованиям «Правил...» от российской организации, аккредитованной Госгортехнадзором России.

Указанные трубы должны быть подвергнуты дополнительным испытаниям:

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

2.2.13. Все отступления от “Правил...” должны быть дополнительно согласованы с Госгортехнадзором России.

ПРАВИЛА ПРОЕКТИРОВАНИЯ

3.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

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

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

— СНиП 2.04.07-86* «Тепловые сети», СНиП 3.05.03-85 «Тепловые сети», СНиП 2.04.14-88 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов» (с изменениями и дополнениями);

— технические условия АООТ «МЕТАЛКОМП:
ТУ 5-99 НФКП.302667.310 ТУ (СК-160.000.00 ТУ)
«Компенсаторы сильфонные»,

ВЕИШ.302667.300-01.43 ТУ
«Сильфонные компенсационные устройства»,

НФКП.302667.309-01 41 ТУ
«Стартовые компенсаторы»;

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

— «Руководящий Документ (отраслевой Свод правил) по проектированию и строительству тепловых сетей из предварительно теплоизолированных пенополиуретаном стальных труб в полиэтиленовой защитной оболочке», ВНИПИэнергопром, 1998;

— «Руководство по проектированию тепловых сетей по заданному уровню надежности с помощью ПЭВМ. ВНИПИэнергопром, Пермский Государственный техунический университет. 2000.

3.2. ВИДЫ ТЕПЛОПРОВОДОВ

3.2.3. РД распространяется на следующие виды теплопроводов тепловых сетей:

— теплопроводы заводского изготовления в пенополиуретановой теплоизоляции с оболочкой из толстостенной полиэтиленовой трубы (далее в **ППУ-изоляции**). Альбом «Типовых решений прокладки трубопроводов тепловых сетей в изоляции из пенополиуретана» разработан ОАО «Объединение ВНИПИэнергопром»;

— теплопроводы заводского изготовления в армопенобетонной теплоизоляции с паропроницаемой оболочкой из различных материалов (далее в **АПБ-изоляции**). Альбом типовых решений прокладки трубопроводов тепловых сетей в монолитной армопенобетонной изоляции разработан ОАО «Объединение ВНИПИэнергопром».

Допускается также использование альбома типовых решений прокладки трубопроводов тепловых сетей в изоляции из автоклавного армированного пенобетона, ранее разработанного бывшим Ленинградским отделением ВНИПИэнергопрома;

— теплопроводы заводского изготовления (методом формования или напыления) в пенополимербетонной теплоизоляции с паропроницаемой наружной поверхностью (далее в **ППБ-изоляции**). Альбом «Типовых решений прокладки трубопроводов тепловых сетей в изоляции из пенополимербетона» разработан ОАО «Объединение ВНИПИэнергопром»;

— теплопроводы в «мягкой» теплоизоляции из минераловатных изделий в паропроницаемой оболочке из различных материалов (далее в **МИН-изоляции**). Альбом «Конструкции тепловой изоляции трубопроводов надземной и подземной канальной прокладки водяных тепловых сетей и паропроводов», серия 7.903.9-3;

— теплопроводы в других видах теплоизоляции, прошедшие необходимый цикл испытаний и имеющие сертификат соответствия. Выдача сертификатов по тематике «Конструкции и оборудование тепловых сетей» осуществляется органами Топливно-энергетического комплекса (ТЭК СЕРТ) на основании экспертного заключения лаборатории «Трубопроводы и оборудование» Топливно-энергетического комплекса.

3.3. ВЫБОР СК-МК, СКУ-МК и ССК-МК

3.3.1. **СК-МК, СКУ-МК и ССК-МК** рекомендуется выбирать равного с теплопроводом диаметра, принимая необходимую компенсирующую способность и технические характеристики:

— для **СК-МК** — по приложению 2, таблицы 1,2,3, рис 1,2,3;
—для **СКУ-МК** — по приложению 3, таблицы 1,2,3,4, рис.1–4;
— для **ССК-МК** — по приложению 4, таблица 1, рис.1.

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

3.3.3. **СК-МК** могут применяться при всех видах *надземной прокладки тепловых сетей, в помещениях, а также под землей в проходных и полупроходных туннелях, доступных для постоянного визуального осмотра.*

СК-МК выпускаются в трех модификациях:

СКО — по приложению 2, рис.1, таблица 1;
СКО-Т — в **т**ранспортном кожухе — по прил. 2, рис.2, табл.2;
СКО-З — в **з**ащитном кожухе — по приложению 2, рис.3, табл.3.

3.3.4. **СКУ-МК** применяются для компенсации температурных деформаций теплопроводов *при всех видах надземной и подземной прокладки* тепловых сетей.

СКУ-МК выпускаются со съемным и несъемным кожухом в четырех модификациях:

1СКУО-БК — односильфонный, по приложению 3, рис.1, таблица 1, для бесканальных прокладок тепловых сетей,

2СКУО-БК — двухсильфонный, по приложению 3, рис.2, таблица 2, для бесканальных прокладок тепловых сетей,

1СКУО-К — односильфонный, по приложению 3, рис.3, таблица 3, для канальных и надземных прокладок тепловых сетей,

2СКУО-К — двухсильфонный, по приложению 3 рис.4, таблица 4, для канальных и надземных прокладок тепловых сетей.

3.3.5. Применение и режимы работы **СК-МК, СКУ-МК и ССК-МК** в регионах с расчетной температурой наружного воздуха для проектирования отопления ниже минус 30°С должно оговаривается при заказе.

3.3.6. При необходимости бескамерной установки сильфонных компенсаторов на *бесканально прокладываемых* теплопроводах следует применять **СКУ-МК.**

3.3.7. **ССК-МК** применяются, как правило, для компенсации температурных деформаций теплопроводов *при бесканальной прокладке тепловых сетей.*

3.4. Размещение СК-МК, СКУ-МК и ССК-МК

3.4.1. **СК-МК, ССК-МК** и односильфонные **СКУ-МК,** могут размещаться в любом месте теплопровода между двумя неподвижными опорами или естественно неподвижными сечениями трубы.

Двухсильфонные **СКУ-МК** по рекомендации АООТ «Металкомп» следует **предпочтительно** размещать в середине участка трубопровода, проложенного в каналах или над землей, но **допускается** устанавливать в любом месте.

При бесканальной прокладке теплопровода двухсильфонные **СКУ-МК** должны размещаться в середине участка.

3.4.2. Между двумя неподвижными опорами или естественно неподвижными сечениями трубы должен размещаться только один **СК-МК, СКУ-МК, ССК-МК.**

3.4.3. Расстановка направляющих опор.

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

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

3.4.3.3. Функцию первой направляющей опоры может выполнять кожух **СКУ-МК**, что должно оговариваться при заказе.

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

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

3.4.3.6. Направляющие опоры (рис.1 приложения 5) следует применять, как правило, охватывающего типа (хомутовые, трубообразные, рамочные), принудительно ограничивающие возможность поперечного или углового сдвига и не препятствующие осевому перемещению. Для уменьшения силы трения между трубой и опорой предпочтительна установка катков, фторопластовых скользящих прокладок и т.п. Длина направляющей опоры должна быть, как правило, не менее двух диаметров. Зазор между трубой и направляющей конструкцией следует принимать не более 1,6 мм при диаметрах труб $D_y \leq 100$ мм, и не более 2,0 мм при трубах $D_y \geq 125$ мм.

3.4.4. При *бесканальной прокладке* теплопроводов 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 вблизи земляных работ;
— при необходимости принятия дополнительных мер по обеспечению живучести теплопровода.

3.4.5. При выборе места размещения **СКУ-МК** со съемным кожухом должна быть обеспечена возможность сдвижки кожуха компенсатора в любую сторону на его полную длину.

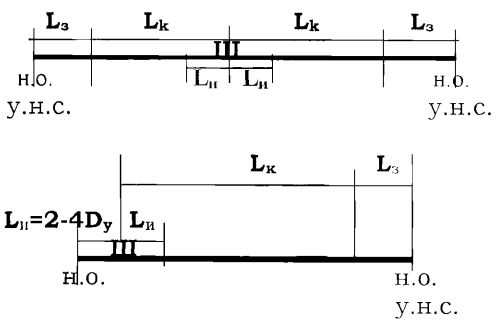
3.4.7. Расчет деформаций.

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

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

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

— **зоны защемления** [$L_з$]— неподвижные (защемленные) участки теплопровода, премыкающие к неподвижным опорам или естественно неподвижным сечениям трубы, компенсация температурных деформаций в которых происходит за счет изменения осевого напряжения.



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

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

где:

Δl_t — температурная деформация

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

Δl_p — деформация от внутреннего давления

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

3.4.7.3. Длина зоны (участка) компенсации [$L_к$] при применении **СК-МК, СКУ-МК** рассчитывается по формуле:

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

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

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

В формулах:

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

t_1 — максимальная расчетная температура теплоносителя, °С;

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

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

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

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

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

A — коэффициент, учитывающий активную поверхность сильфона СК-МК, СКУ-МК:

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

D_c — средний диаметр сильфона, мм;

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

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

Примечание:

В формулах 2 и 3 не учтено влияние усилия от активной реакции упругой деформации компенсатора.

3.4.8. Расчет предельно допустимой длины участка теплопровода

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

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

где:

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

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

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

где:

$D_н$ — наружный диаметр трубы, мм;

s — толщина стенки трубы, мм;

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

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

$$f_{тр} = \mu(0{,}75 \cdot \gamma \cdot Z \cdot \pi \cdot D_{об} \cdot 10^{-3} + q_{трубы}), \quad Н/м; \quad [7]$$

где:

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

μ — коэффициент трения:

при ППУ-изоляции — 0,40,

при ППБ-изоляции — 0,38,

при АПБ-изоляции — 0,60,

Для уменьшения величины трения теплопровода о грунт допускается его обертывать полиэтиленовой пленкой. При этом коэффициент трения снижается до μ=0,25.

γ — удельный вес грунта, Н/м^3,

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

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

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

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

Пример:

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

1. Площадь поперечного сечения стенки трубы:

$\mathbf{F_{ст} = \pi . (D_н - s) . s}$ = 3,14(159 – 4,5).4,5 = 2183 мм²

2. Удельная сила трения на единицу длины трубы:

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

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

3. Предельная длина прямого участка теплопровода:

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

Примечание.

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

$\mathbf{F_{ст} = \pi . (D_н - s) . s}$ = 3,14(159 – 6).6 = 2882 мм²

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

=0,4(0,75.18000.1.3,14.250.10^{-3} + 508) = 4445 Н/м.

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

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

Исключение составляют случаи совместной прокладки труб с опиранием одной трубы на другую («труба-на-трубе»), использования основной трубы в качестве несущей конструкции, прокладки теплопроводов в районах высокой сейсмики.

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

$f_{тр} = (q_{трубы} + q_{пригруз} + \eta_{вет} + \eta_{Δед} + \eta_{снег}) . \mu$, **Н/м;** **[8]**

где:

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

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

μ — коэффициент трения:

при скользящих опорах — 0,3,

при шариковых опорах — 0,1,

при катковых опорах — 0,1-0,15,

при фторопластовых опорах — 0,05-0,1.

$\eta_{вет} + \eta_{Δед} + \eta_{снег}$ — дополнительная перегрузка:

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

$\eta_{Δед} = 65 . h_{шир}$, **Н/м;**

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

где:

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

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

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

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

3.4.9. Способы применения СК-МК, СКУ-МК при прокладке тепловых сетей

3.4.9.1. С **СК-МК, СКУ-МК** применимы три основных способа прокладки теплопроводов тепловых сетей:

1 способ

С использованием компенсирующей способности **СК-МК, СКУ-МК** в соответствии с пунктом 7.34 СНиП 2.04.07-86* "Тепловые сети" в диапазоне изменения температуры стенки трубопровода от максимальной (t_1), равной максимальной расчетной температуре теплоносителя, до расчетной температуры наружного воздуха для проектирования отопления (t_o).

П способ

С использованием компенсирующей способности **СК-МК, СКУ-МК** 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 СНиП 23-01-99 "Строительная климатология" или по заданной обеспеченности (например, $t_{мин\,(0,98)}$) , °С.

Ш способ.

С использованием всей компенсирующей способности **СК-МК, СКУ-МК** в диапазоне изменения температуры стенки трубопровода от максимальной (t_1), принимаемой равной расчетной температуре теплоносителя, до ($t_э$ = $t_{упора}$) — температуры стенки трубопровода в момент упора в ограничитель полностью растянутого сильфона.

Колебания температур в защемленных (неподвижных) трубах от ($t_{упора}$) до (t_o) компенсируются изменением осевого напряжения (σ_{oc}) в трубах.

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

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

где:

λ — амплитуда осевого хода, мм;

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

t_1 — максимальная расчетная температура теплоносителя, °С;

t_o — расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления (средняя температура наружного воздуха наиболее холодной пятидневки, обеспеченностью $t_{o(0,92)}$) по СНиП 23-01-99 "Строительная климатология", °С.

Пример:

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

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

3.4.9.3. Второй способ применяется *при надземной прокладке.* При втором способе применения **СК-МК, СКУ-МК** максимальная длина участка, на котором устанавливается один **СК-МК, СКУ-МК**, рассчитывается по формуле [9], но вместо температуры (t_o) подставляется $t_{мин}$ — минимум температур наружного воздуха в данной местности.

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

3.4.9.5. Третий способ применим при всех видах прокладки. Длина участка рассчитывается по формуле:

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

В формуле (10):

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

Пример:

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

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

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

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

$$t_{упора} = \frac{\varphi_1 (\sigma_{расч} - 0{,}3 \cdot \sigma_{раст} - \sigma_{вн} - \sigma_ж) \cdot 10^3}{E \cdot \alpha} + t_o, \ ^{\circ}C; \quad [11]$$

где:

φ_1 — коэффициент прочности поперечного сварного шва;

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

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

$$\sigma_{вн} = \frac{P_{вн} \cdot D_{вн}^2}{4(D_{вн} + s).s} \text{ Н/мм}^2; \quad \text{Н/мм}^2; \quad [12]$$

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

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

Пример:

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

1. Растягивающее окружное напряжение от внутреннего давления:

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

2.Осевое напряжение от внутреннего давления:

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

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

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

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

3.4.10. Проверка живучести системы.

При первом способе применения **СК-МК и СКУ-МК** следует производить проверку **живучести** — выживаемости системы в экстремальных условиях при:

— вынужденной необходимости останова системы и опорожнения теплопроводов *надземной прокладки* в периоды нерасчетного понижения температуры наружного воздуха;

— непредусмотренном затоплении поверхностными или грунтовыми водами *бесканально проложенных* теплопроводов.

Должно рассматриваться наиболее неблагоприятное сочетание событий:

— вода (теплоноситель) из теплопроводов выпущена;

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

—сильфоны компенсатора растянуты до упора в ограничители.

Напряжения, возникающие в теплопроводе в экстремальных условиях при остывании его от t_0 до $t_{мин}$, следует определять по достаточной для проверки, формуле:

$$\sigma_{жив} = \frac{\sigma_{ос} + \sigma_{ж} + 0{,}8\sqrt{\sigma^2_{из} + \sigma^2_{ветер}}}{\varphi_1} \le \sigma_{расч},\ \text{Н/мм}^2; \quad [14]$$

где:

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

$$\sigma_{ос} = \alpha \cdot E \cdot (t_о - t_{мин}) \cdot 10^{-3},\ \text{Н/мм}^2; \quad [15]$$

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

$$\sigma_ж = \frac{C_\lambda \cdot \lambda}{S_{эф}} \cdot 10^{-3},\ \text{Н/мм}^2; \quad [16]$$

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

$$\sigma_{из} = \frac{\dot{g}_{трубы} \cdot L^2_{подв}}{12 \cdot W},\ \text{Н/мм}^2; \quad [17]$$

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

$$\sigma_{ветер} = 1{,}4 \frac{\Psi \cdot D_{об} \cdot L^2_{подв}}{12 \cdot W},\ \text{Н/мм}^2 \quad [18]$$

В формулах:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

C_λ — жесткость осевого хода, Н/см,

λ — амплитуда осевого хода, мм.

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

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

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

φ_1 — коэффициент прочности поперечного сварного шва.

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

Пример:

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

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

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

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

$$\sigma_{ж} = \frac{\mathbf{C}_\lambda \cdot \lambda}{\mathbf{S_{эф}}} \cdot \mathbf{10}^{-3} = \frac{2180.50}{279}.10^{-3} = 0{,}39 \quad Н/мм^2;$$

3.Изгибающее напряжение от собственного веса теплопровода:

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

4. Изгибающее напряжение от ветровой нагрузки:

$$\sigma_{ветер}=\mathbf{1{,}4}\frac{\Psi \cdot \mathbf{D}_{об} \cdot \mathbf{L}^2_{подв}}{\mathbf{12 \cdot W}}\mathbf{10}^{-3}=1{,}4\frac{1000 \cdot 429 \cdot 9^2.10^{-3}}{12.0{,}1(15{,}9^4 - 15^4):15{,}9}=48{,}6 \quad Н/мм^2$$

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

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

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

$\sigma_{жив} < \sigma_{расч}$,

3.4.11. Проверка устойчивости системы

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

$$\Re_{кр} = \frac{1{,}1 \cdot N^2}{E \cdot J} \cdot i \cdot 10^2, \quad Н/м; \quad [19]$$

где:

N — осевое сжимающее усилие в трубе (формула **[25]**), Н;

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

J — момент инерции трубы, см^4;

i — начальный изгиб трубы, м:

$$i = \frac{L_{изг}}{200}, \quad м; \quad [20]$$

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

$$L_{изг} = 0{,}1 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{E \cdot J}{|N|}}, \quad м; \quad [21]$$

где:

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

Вертикальная нагрузка оказывает стабилизирующее влияние и определяется по формуле:

$$\Re_{ст} = q_{грунта} + q_{трубы} + 2 \cdot S_{сдвига} > \Re_{кр}, \quad Н/м; \quad [22]$$

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;

3.4.11.2. Для случаев, когда уровень стояния грунтовых вод **ниже** глубины заложения теплопровода:

$$S_{сдвига} = 0{,}5 \cdot \gamma \cdot Z^2 \cdot K_o \cdot tg\varphi, \quad Н/м; \quad [23]$$

$$q_{грунта} = \gamma \cdot [Z \cdot D_{об} - 0{,}125 \cdot D^2_{об} \cdot \pi], \quad Н/м; \quad [24]$$

В формулах:

γ — удельный вес грунта, Н/м^3;

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

K_o — коэффициент давления грунта в состоянии покоя. $K_o = 0{,}5$;

φ — угол внутреннего трения грунта (естественного откоса);

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

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

$$N = -[F_{ст} \cdot (E \cdot \alpha \cdot \Delta t \cdot 10^{-3} - 0{,}3 \cdot \sigma_{раст}) + P_{внутр} \cdot F_{пл}], \quad Н; \quad [25]$$

где:

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

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

E — модуль упругости материала трубы, Н/мм²;

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

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

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

$F_{пл}$ — площадь действия внутреннего давления ($0,785D^2_{вн}$, мм².

Пример:

Провести проверку теплопровода $D_у$150, проложенного бесканально, на устойчивость при наиболее неблагоприятном сочетании нагрузок и воздействий. Для случая, когда уровень стояния грунтовых вод **ниже** глубины заложения теплопровода.

1. Осевое сжимающее усилие в защемленной трубе:

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

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

2. Длина местного изгиба теплопровода:

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

3. Начальный изгиб трубы:

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

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

$$\Re_{кр} = \frac{1,1.N^2}{E \cdot J} i.10^2 = \frac{110.744283^2}{2.10^5 . 664,4} = 0,021.10^2 = 9630 \text{ Н/м};$$

5.Вес грунта над теплопроводом:

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

$$= 18000[1 \cdot 0,250 - 0,125.0,250^2.3,14] = 4050 \text{ Н/м};$$

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

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

7. Стабилизирующая вертикальная нагрузка:

$$\Re_{ст} = q_{грунта} + q_{трубы} + 2 \cdot S_{сдвига} =$$

$$= 4050 + 503 + 2 .3150 = 10853 \text{ Н/м}$$

$$\Re_{ст} > \Re_{кр};$$

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

3.4.11.3. Если уровень грунтовых или сезонных поверхностных вод (паводок, подтопляемые территории и т.п.) может подниматься **выше** глубины заложения бесканально прокладываемых теплопроводов, то есть существует вероятность всплытия труб при их опорожнении.

Необходимый вес балласта, который должен сообщить теплопроводу *отрицательную плавучесть,* определяется по формуле:

$$\mathfrak{R}_{бал}=K_{вспл}\cdot\gamma_{пульпы}\cdot\omega_{вспл}+\dot{g}_{трубы}+q_{н.п.},\quad Н/м; \qquad [26]$$

где:

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

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

1,15 — при прокладках по болотистой местности.

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

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

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

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

3.4.12. Прокладка теплопроводов с СК-МК, СКУ-МК, ССК-МК

3.4.12.1. В зонах вечномерзлых грунтов дополнительно следует соблюдать требования СНиП 2.02.04-88 «Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах», СНиП 2.02.01-83* «Основания зданий и сооружений», СНиП 3.02.01-87 «Земляные сооружения, основания и фундаменты».

3.4.12.2. *При бесканальной прокладке теплопроводов* под улицами и дорогами местного значения, автомобильными дорогами У категории, а также внутрихозяйственными автомобильными дорогами категории Шс должны применяться трубы с толщиной стенки, исключающей овализацию труб под влиянием давления грунта и напряжений вследствие дорожного движения.

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

3.4.12.4. Камеры по трассе теплопровода для **СК-МК и СКУ-МК** могут сооружаться по требованию заказчика или эксплуатирующей организации.

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

для диаметров теплопроводов до 500 мм - 100 мм,

для диаметров теплопроводов более 600 мм - 150 мм.

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

3.4.12.6. В камерах должны предусматриваться проходы размером не менее:

для теплопроводов диаметром до 500 мм - 600 мм,

для теплопроводов диаметром более 600 мм - 700 мм.

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

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

3.5. Расчет нагрузок на опоры.

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

— распорного усилия сильфонных компенсаторов, ($\mathbf{P_р}$),

— жесткости сильфонных компенсаторов, ($\mathbf{P_ж}$),

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

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

— силы [$\mathbf{P_{ос}}$] от напряжения, возникающего в защемленном прямолинейном участке теплопровода.

Кроме того, следует учитывать в конкретных расчетных схемах теплопроводов:

— неуравновешенные силы внутреннего давления ($\mathbf{P_н}$),

— упругую деформацию гибких компенсаторов или самокомпенсации ($\mathbf{P_х}$, $\mathbf{P_у}$).

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

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

3.5.2. В общем случае нагрузка на неподвижные опоры должна приниматься по наибольшей горизонтальной осевой и боковой нагрузке *от сочетания сил, перечисленных в пункте 3.5.1,* при любом рабочем режиме теплопровода, при гидравлических испытаниях и при проверке на живучесть.

3.5.3. Распорное усилие от внутреннего давления ($\mathbf{P_р}$) определяется по формуле:

$$\mathbf{P_р = 1{,}25P_{раб} \cdot F_{эф}}, \qquad \mathbf{Н;} \qquad \mathbf{[27]}$$

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

$$\mathbf{P_ж = C_\lambda \cdot \lambda}, \qquad \mathbf{Н;} \qquad \mathbf{[28]}$$

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

$$\mathbf{P_{тр} = \mu(0{,}75 \cdot \gamma \cdot Z \cdot \pi \cdot D_{об} \cdot 10^{-3} + q_{трубы}) \cdot L}, \qquad \mathbf{Н;} \qquad \mathbf{[29]}$$

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

$$\mathbf{P_{ос} = [\alpha \cdot E \cdot (t_о - t_{.мин})] \cdot F_{ст}}, \qquad \mathbf{Н;} \qquad \mathbf{[30]}$$

3.5.7. Сила [$\mathbf{P_{ос}}$] от напряжения, возникающего в защемленном прямолинейном участке теплопровода при установке **ССК-МК после его заварки,** при дальнейшем повышении температуры теплоносителя:

$$\mathbf{P_{ос} = [\alpha \cdot E \cdot (t_1 - t_н)] \cdot F_{ст}}, \qquad \mathbf{Н;} \qquad \mathbf{[31]}$$

где: $t_н$ — температура нагрева при которой **ССК-МК** должен **завариваться.**

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

— на концевую опору, как сумма сил, действующих на опору:

$$\mathbf{\Sigma P = P_р + P_ж + P_{тр}}, \qquad \mathbf{Н;} \qquad \mathbf{[32]}$$

При установке **ССК-МК (после его заварки):**

$$\mathbf{\Sigma P = P_р + P_{ос}}, \qquad \mathbf{Н;} \qquad \mathbf{[33]}$$

— на промежуточную опору, как разность сумм сил, действующих с каждой стороны опоры.

При этом, нагрузки на промежуточную неподвижную опору от участков теплопроводов (с диаметрами $\mathbf{D_{у1}}$ **и** $\mathbf{D_{у2}}$), расположенных по обе стороны опоры, определяются по формулам:

а) при $D_{y1} > D_{y2}$:

— от распорных усилий компенсаторов:

$$\mathbf{P_p = P_{p1} - P_{p2}}, \quad \mathbf{Н;} \quad \mathbf{[34]}$$

при установке **ССК-МК (после его заварки):**

$$\mathbf{\Sigma P = (P_p + Pc)_1 - (P_p + Pc)_2} \quad \mathbf{Н;} \quad \mathbf{[35]}$$

— от жесткости компенсаторов:

$$\mathbf{P_ж = 1{,}3 \cdot P_{ж1} - 0{,}7 \cdot P_{ж2}}, \quad \mathbf{Н;} \quad \mathbf{[36]}$$

— от сил трения при $L_1 = L_2$:

$$\mathbf{P_{тр} = P_{тр1} - 0{,}7P_{тр2}}, \quad \mathbf{Н;} \quad \mathbf{[37]}$$

б) при $D_{y1} = D_{y2}$:

— от жесткости компенсаторов:

$$\mathbf{P_ж = 0{,}6 \cdot P_{ж1}}, \quad \mathbf{Н;} \quad \mathbf{[38]}$$

— от сил трения при $L_1 = L_2$:

$$\mathbf{P_{тр} = 0{,}3 \cdot P_{тр1}}, \quad \mathbf{Н.} \quad \mathbf{[39]}$$

3.5.9. При проверке на *живучесть надземно проложенных* теплопроводов с **СК-МК и СКУ-МК,** имеющими ограничители нерасчетного расширения сильфонов, суммарные горизонтальные осевые нагрузки на неподвижные опоры определяются без учета веса воды, сил трения на подвижных опорах и внутреннего давления теплоносителя:

— на концевую опору:

$$\mathbf{\Sigma P_{жив} = P_ж + P_{сж}}, \quad \mathbf{Н;} \quad \mathbf{[40]}$$

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

а) при $D_{y1} > D_{y2}$:

$$\mathbf{P_{жив} = 0{,}6P_{ж1} + P_{сж1} - P_{сж2}}, \quad \mathbf{Н;} \quad \mathbf{[41]}$$

б) при $D_{y1} = D_{y2}$:

$$\mathbf{P_{жив} = 0{,}6P_{ж1}}, \quad \mathbf{Н;} \quad \mathbf{[42]}$$

3.5.10. Формулы составлены из условия установки на смежных участках теплопроводов осевых **СК-МК, СКУ-МК, ССК-МК** с жесткостью сильфонов, отличающихся не более ±30%. В случае неизбежности установки на смежных участках компенсаторов с большей разностью жесткостей нагрузки на промежуточные неподвижные опоры от жесткости соответственно пересчитываются с учетом фактической разницы жесткостей.

3.5.11. 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.

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

3.5.13. 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.

3.5.14. Расчетные формулы для определения суммарных горизонтальных нормативных нагрузок на неподвижные опоры для наиболее характерных схем установки компенсаторов даны в приложении 5.

4. МОНТАЖ СК-МК, СКУ-МК и ССК-МК

4.1. *При подземной прокладке в непроходных каналах и туннелях, надземной прокладке, а также в помещениях,* монтаж, укладку и сварку теплопроводов с **СК-МК, СКУ-МК, ССК-МК** следует руководствоваться СНиП 3.05.03—85 "Тепловые сети" с учетом требований технических условий АООТ «Металкомп»

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

4.3. Врезку **СК-МК, СКУ-МК, ССК-МК** в теплопроводы следует производить в местах, предусмотренных проектной техдокументацией.

4.4. Монтаж теплопроводов с **СК-МК, СКУ-МК, ССК-МК** должен производиться при положительной температуре наружного воздуха. При температурах наружного воздуха ниже минус 15°С перемещения теплопроводов и **СК-МК, СКУ-МК, ССК-МК** на открытом воздухе не рекомендуются.

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

4.5. Перед монтажем на присоединительные патрубки (за исключением зон под приварку) **СК-МК, СКУ-МК, ССК-МК** наносится антикоррозионное покрытие из мастики марки МБР-ОС-Х-150 по ТУ-5775-00327449797-93 в два слоя с промежуточной просушкой.

4.6. После нанесения антикоррозионного покрытия на концы патрубков **СК-МК, СКУ-МК, ССК-МК** должна быть нанесена тепловая изоляция. При этом должны соблюдаться требования в части исключения возможности попадания грунтовых или поверхностных вод под защитный кожух. Тепловая изоляция не должна препятствовать свободному перемещению подвижной части **СКУ-МК** относительно наружного защитного кожуха.

Не допускается заполнение пространства между гофрами сильфона изоляционными или другими материалами.

4.7. Монтаж **СК-МК, СКУ-МК и ССК-МК** должен производиться в учетом технических условий АООТ «Металкомп» и нормативно-технической документации на монтаж трубопроводов.

4.8. При монтажно-сварочных операциях следует предохранять сильфон от брызг раскаленного металла. Перед монтажем убедиться, что в гофрах не находятся жесткие частицы, которые могут привести к повреждению сильфона в процессе эксплуатации.

4.9. Не допускается несоосность и непараллельность присоединительных патрубков и основной трубы более чем на 4 мм.

4.10. Не допускается при монтаже:

— проводить испытания трубопровода любым давлением до завершения всех работ по закреплению опор,

— проводить испытания с испытательным давлением, превышающим 1,5 $P_у$,

— эксплуатировать в режимах линейных деформаций при температуре металла сильфона ниже минус 30°С.

— нагружать **СК-МК, СКУ-МК и ССК-МК** моментами и усилиями от массы трубопроводов, агрегатов, механизмов и других конструкций.

4.11. Особенности монтажа СК-МК, СКУ-МК

4.11.1. На рабочих чертежах теплопроводов тепловых сетей следует приводить таблицу монтажных длин **СК-МК, СКУ-МК** в зависимости от температуры наружного воздуха, при которой ведется монтаж, через каждые 5°С.

4.11.2. Монтажная длина компенсатора определяется по формуле:

Для 1 способа применения **СК-МК и СКУ-МК**:

$$L_{монт} = L_{ску} + [0{,}5 \cdot (t_1 + t_о) - t_{монт}] \cdot L \cdot \alpha \cdot 1{,}1; \quad [43]$$

Для П способа применения осевых СК-МК и СКУ-МК:

$$L_{монт} = L_{ску} + [0{,}5 \cdot (t_1 + t_{мин}) - t_{монт}] \cdot L \cdot \alpha \cdot 1{,}1; \quad [44]$$

Для Ш способа применения **СК-МК и СКУ-МК**:

$$L_{монт} = L_{ску} + [0{,}5 \cdot (t_1 + t_э) - t_{монт}] \cdot L \cdot \alpha \cdot 1{,}1; \quad [45]$$

где:

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

t_1 — максимальная рабочая температура теплоносителя, °С;

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

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

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

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

$t_о$ — расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления (средняя температура наружного воздуха наиболее холодной пятидневки,

обеспеченностью 0,92) по СНиП 23-01-99 "Строительная климатология", °С;

L — длина компенсируемого участка, м;

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

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

4.11.3. При отсутствии ограничителей осевого хода **не допускается** нагружать **СК-МК и СКУ-МК** перемещениями, превышающими 100% от максимальной паспортной амплитуды.

4.11.4. Монтаж **СК-МК** в предварительно деформированном состоянии выполняется на месте вырезанного участка основной трубы длиной $\mathbf{L}_{монт.}$

4.11.5. При монтаже **СКУ-МК с несъемным кожухом** монтаж производится в следующем порядке:

— в месте установки **СКУ-МК** на трубопроводе вырезается участок длиной $\mathbf{L}_{монт}$,

— на место вырезанного участка трубы устанавливается **СКУ-МК.** Производится центровка его по отношению к торцам основной трубы,

— один из концевых патрубков приваривается к основной трубе

— снимаются детали транспортировочного крепления кожуха **СКУ-МК,**

— на свободном конце **СКУ-МК** устанавливается приспособление для растяжки,

— **СКУ-МК** растягивается до соприкосновения торца с основной трубой и стык заваривается.

4.11.6. При монтаже **СКУ-МК со съемным кожухом** монтаж производится в следующем порядке:

— в месте установки **СКУ-МК** на трубопроводе вырезается участок длиной $\mathbf{L}_{монт}$ (допуск на длину: для $D_y \leq 500$ мм — ±2 мм, для $D \geq 500$ мм — ±5 мм),

— на место вырезанного участка трубы устанавливается **СКУ-МК.** Производится центровка его по отношению к торцам основной трубы,

— один из концевых патрубков приваривается к основной трубе

— снимаются детали транспортировочного крепления кожуха **СКУ-МК,**

— на свободном конце **СКУ-МК** устанавливается приспособление для растяжки,

— **СКУ-МК** растягивается до соприкосновения торца с основной трубой и стык заваривается,

— освобождаются и отодвигаются в сторону запорные фланцы,

— сдвигается кожух в одну из сторон. Извлекаются из полостей между опорными фланцами ограничители и упоры,

— выполняются работы по теплоизоляции,

— надвигается и центрируется кожух. Вставляются ограничители в прорези в кожухе (зазор между ограничителями и опорной поверхностью на опорных фланцах должен быть 1^{+1}мм. При этом, нижняя часть кожуха должна касаться опорных фланцев),

— центрируются ограничители по центру опорных площадок на опорных фланцах,

— привариваются ограничители к кожуху, выполняются работы по гидроизоляции зазоров между теплоизоляцией и кожухом,

— устанавливаются запорные фланцы и упоры. Упоры привариваются к кожуху.

— сдвигается кожух в одну из сторон. Извлекаются из полостей между опорными фланцами ограничители и упоры. Зазор между ограничителями и опорной поверхностью на опорных фланцах должен быть 1^{+1}мм. Центрируются ограничители по центру опорных площадок на опорных фланцах,

— привариваются ограничители к кожуху, выполняются работы по гидроизоляции зазоров между теплоизоляцией и кожухом,

— устанавливаются запорные фланцы и упоры. Упоры привариваются к кожуху.

4.12. Особенности монтажа ССК-МК

4.12.1. Система теплопроводов с **ССК-МК** полностью монтируется в траншее и засыпается (за исключением собственно стартовых компенсаторов).

4.12.2. Максимальное расстояние [$L_{доп}$] между двумя **ССК-МК** следует определять с коэффициентом 0,85.

4.12.3. Теплопроводы в месте вварки **ССК-МК** должны иметь прямолинейные участки длиной не менее 12 м.

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

Определяется размах колебаний напряжения при нагреве теплопровода от температуры монтажа **[$t_н$]** до расчетной температуры теплоносителя **[t_1]:**

$$\Delta\sigma = \alpha \cdot \Delta t \cdot E = \alpha \cdot (t_1 - t_м) \cdot E \qquad [46]$$

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

$$\sigma_1 = 2 \cdot \sigma_{доп} - \Delta\sigma; \qquad [47]$$

$$\sigma_2 = \Delta\sigma - \sigma_{доп} \qquad [48]$$

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

$$l_{доп} = \frac{\sigma_1 \cdot F_{ст}}{f_{тр}}$$; соответственно $L_{доп} = 2 \cdot l_{доп}$ [49]

Температура нагрева [$t_н$], при которой **ССК-МК** должен **завариваться,** определяется из:

$$\sigma_2 = \alpha.(t_1 - t_н).E = \Delta\sigma - \sigma_{доп} = \alpha.(t_1 - t_м).E - \sigma_{доп} \qquad [50]$$

$$t_н = t_м + \frac{\sigma_{доп}}{\alpha \cdot E}; \qquad [51]$$

ССК-МК настраивается на возможность восприятия следующей величины удлинения:

$$\Delta l_{доп} = \alpha\,(t_н - t_м).l_{доп} - \frac{f_{тр} \cdot l_{доп}^2}{2.E.F_{ст}}; \qquad [52]$$

если участки с двух сторон компенсатора одинаковы, то:

$$\Delta L_{доп} = 2 \cdot \Delta l_{доп}; \qquad [53]$$

4.12.5. Монтаж **ССК-МК** должен производится в следующем порядке:

— в месте установки **ССК-МК** на трубопроводе вырезается участок длиной $L_{монт}$ (таблица 1, приложение 4);

— на место вырезанного участка трубы устанавливается **ССК-МК.** Производится центровка его по отношению к торцам основной трубы;

— концевые патрубки **ССК-МК** приваривается к основной трубе с двух сторон;

— теплопровод заполняется водой и производится его испытание на прочность внутренним давлением;

— производится удаление прихваток, которыми в заводских условиях соединены кожухи **ССК-МК;**

— теплопровод заполняется рабочей средой при температуре [$t_н$], рассчитанной по формуле [51]. При этом сильфон компенсатора сжимается;

— кожухи ССК-МК завариваются (катет сварного шва указан на рис.1 и в табл.1приложения 4).

4.12.6. Траншею в местах установки **ССК-МК** следует засыпать только после выполнения предварительного нагрева теплопровода и завершения сварочных работ.

5. ОСОБЕННОСТИ ВЕДЕНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ с СК-МК, СКУ-МК и ССК-МК

5.1. Общая часть

5.1.1. При строительстве новых, расширении, реконструкции, техперевооружении и ремонте действующих тепловых сетей с **СК-МК, СКУ-МК и ССК-МК** следует руководствоваться требованиями проектной техдокументации.

Основными нормативными документами являются СНиП 3.05.03-85 «Тепловые сети» и СНиП 2.04.07-86* «Тепловые сети». Следует также соблюдать СНиП III-42-80* «Магистральные трубопроводы», СНиП 3.02.01-87 «Земляные сооружения. "Основания и фундаменты", СНиП 2.04.14-88* «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов», "Правила устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды", «Правила технической эксплуатации электростанций и сетей».

5.1.2. Строительство тепловых сетей включает следующие основные процессы:

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

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

5.2. Ведение земляных работ.

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

5.2.2. *При бесканальной прокладке* дополнительно должны быть выполнены следующие требования:

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

— осуществлено устройство:

а) приямков (не менее 0,6 м в каждую сторону от теплопроводов) для установки **СК-МК, СКУ-МК, ССК-МК,** арматуры, отводов, тройников, для удобства ведения сварки и изоляции стыков труб;

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

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

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

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

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

— в зоне компрессии (слой над теплопроводом и **СК-МК, СКУ-МК, ССК-МК** 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 **СК-МК СКУ-МК, ССК-МК** следует осуществлять вертикальное крепление траншеи и приямков;

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

5.3. Транспортировка и хранение СК-МК, СКУ-МК, ССК-МК

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

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

5.3.2. **СК-МК, СКУ-МК, ССК-МК** с заводской теплоизоляцией должны транспортироваться и храниться в соответствии с требованиями технических условий АООТ «Металкомп».

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

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

5.4. Изоляция стыков СК-МК, СКУ-МК, ССК-МК с теплопроводами.

5.4.1. До устройства теплогидроизоляции при отсутствии на концах свариваемых с **СК-МК, СКУ-МК, ССК-МК** труб заводского антикоррозионного покрытия необходимо выполнить следующие работы:

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

— просушить газовой горелкой;

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

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

5.4.3. *При бесканальной прокладке теплопроводов в ППУ-изоляции* перед вваркой **СК-МК, СКУ-МК, ССК-МК** на полиэтиленовую оболочку теплопроводов должны быть надеты термоусаживающиеся муфты (манжеты). заводской готовности, выполненные из радиационно-модифицированного полиэтилена.

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

5.4.3.2. При изоляции стыков путем *заливки ППУ-композиции* необходимо:

— выполнить очистку наружной поверхности стыкового соединения, предварительно удалив слой ППУ с торцевых поверхностей труб на длину до 30 мм;

— соединить провода сигнальной системы оперативного дистанционного контроля за увлажнением ППУ;

— наложить оцинкованный лист (0,5 - 0,7 мм) стали на стык с заходом на концы труб оболочек не менее 20 мм с каждой стороны, закрепив его бандажными лентами с зажимами (или винтами-саморезами. Просверлить отверстие для заливки ППУ-композиции;

— приготовить ППУ-композицию по рекомендациям завода-изготовителя;

— залить ППУ-композицию в заливочное отверстие и выдержать необходимую для полимеризации паузу 30 минут;

— снять зажимы и бандажные ленты, закрыть заливочное отверстие металлической пластиной и закрепить винтами-саморезами;

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

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

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

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

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

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

5.4.4.1. При изоляции стыков путем *заливки ППБ-композиции* необходимо:
— установить съемную инвентарную опалубку на стык заливочным отверстием вверх, захватывая заводскую ППБ-изоляцию на концах труб внахлест с каждой стороны по 100 мм;
— приготовить ППБ-композицию с помощью передвижного смесителя. Допускается ручное приготовление ППБ-композиции из компонентов, поставляемых производителем теплопроводов;

— залить подготовленную ППБ-композицию через заливочное отверстие под опалубку. Вспенивание происходит в течение 1-2 минут;
— выдержать в течение 30 минут и снять съемную инвентарную опалубку.

5.5. Монтаж сигнальной системы

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

5.5.2. В теплоизоляцию **СК-МК, СКУ-МК, ССК-МК** в заводских условиях или на монтажной площадке следует закладывать не менее двух проводников-индикаторов. Концы проводников-индикаторов должны выступать с обеих сторон не менее, чем на 100 мм для удобства соединения с общей сигнальной системой теплопроводов.

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

6.ИСПЫТАНИЯ СК-МК, СКУ-МК, ССК-МК и ТЕПЛОПРОВОДОВ.

6.1. Общие положения.

6.1.1. При проведении испытаний тепловых сетей с **СК-МК, СКУ-МК, ССК-МК** следует соблюдать строительные нормы и правила Российской Федерации СНиП 2.04.07-86*, СНиП 3.05.03-85, "Правила устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды" (ПБ-03-75-94), "Правила техники безопасности при эксплуатации тепломеханического оборудования электрических станций и тепловых сетей" (РД 34.03.201-97).

6.1.2. Испытания **СК-МК, СКУ-МК, ССК-МК** проводятся предприятием АООТ «Металкомп» в заводских условиях на базовых сильфонных компенсаторах. Результаты следующих испытаний приводятся в технических условиях на продукцию:

приемо-сдаточные,
квалификационные,
сертификационные,
типовые.

6.1.2.1. Приемо-сдаточные испытания осуществляется техническим контролем предприятия АООТ «Металкомп» в порядке, действующем в отрасли. Приемо-сдаточным испытаниям подвергаются 100% **СК-МК, СКУ-МК, ССК-МК** в каждой партии.

6.1.2.2. Квалификационные испытания проводятся предприятием АООТ «Металкомп» на двух образцах от партии серийных сильфонных компенсаторов, впервые осваиваемых производством по программе, согласованной с основным потребителем. Испытания проводятся по соответствию ТУ показателей жесткости, вероятности безотказной работы и массы **СК-МК, СКУ-МК, ССК-МК.**

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

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

6.1.3. Должны быть проведены следующие испытания теплопроводов с **СК-МК, СКУ-МК, ССК-МК**:

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

— испытания сварных соединений полиэтиленовой оболочки на плотность и прочность при бесканальной прокладке в ППУ-изоляции;

— гидравлические (пневматические) испытания на прочность и плотность стальных труб и **СК-МК, СКУ-МК, ССК-МК**:

— испытания сигнальной системы.

6.2. Проверка чистоты трубопроводной системы.

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

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

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

6.3. Проверка качества сварных соединений полиэтиленовой оболочки

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

6.3.2. При проведении сварки присоединительных патрубков **СК-МК, СКУ-МК, ССК-МК** с теплопроводами в ППУ-изоляции следует:

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

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

—удалить с грунта на рабочем месте сварщика остатки пенополиуретана.

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

6.4. Гидравлические испытания.

6.4.1. Гидравлические (пневматические) испытания на прочность и плотность стальных труб и **СК-МК, СКУ-МК, ССК-МК** производятся в соответствии с СНиП 3.05.03-85 "Тепловые сети".

6.4.2. Теплопроводы с **СК-МК, СКУ-МК, ССК-МК** должны подвергаться предварительному и окончательному испытанию на прочность и герметичность.

Предварительные испытания следует выполнять, как правило, гидравлическим способом. Для гидравлического испытания применяется вода с температурой не выше +40°С и не ниже +5°С. Температура наружного воздуха при этом должна

быть положительной, Каждый испытанный участок герметически заваривается с двух сторон заглушками. Использование для этих целей запорной арматуры не допускается.

Окончательные испытания проводятся после завершения всех строительно-монтажных работ.

6.5. Испытания сигнальной системы.

6.5.1. После присоединения проводников-индикаторов **СК-МК, СКУ-МК, ССК-МК** к общей сигнальной системе и заполнения стыков пеной должны быть завершены следующие работы по сигнальной системе:

— выполнено измерение действительной величины сопротивления проводов;

— выполнено функциональное испытание по инструкции предприятия-изготовителя сигнальной системы;

— проведено моделирование основных возможных неисправностей.

7. ПРАВИЛА ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ при установке СК-МК, СКУ-МК, ССК-МК

7.1. Приемка в эксплуатацию законченных строительством тепловых сетей с **СК-МК, СКУ-МК, ССК-МК** должна производиться в соответствии с указаниями СНиП 3.01.04-87 «Приемка в эксплуатацию законченных строительством объектов», СНиП 3.05.03-85 «Тепловые сети» и техническими условиями АООТ «Металкомп».

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

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

— акт на качество заполнения стыков труб с **СК-МК, СКУ-МК, ССК-МК** теплоизоляционным материалом (пенополиуретаном, пенополимербетоном, минеральной ватой, армопенобетоном и др.);

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

— акт функциональных испытаний сигнальной системы, включая результаты моделирования возможных неисправностей,

— акт приемки **СК-МК, СКУ-МК, ССК-МК** предприятием-изготовителем — АООТ «Металкомп» с приложением результатов приемо-сдаточных испытаний.

7.4. **СК-МК, СКУ-МК, ССК-МК** не требуют специального обслуживания в эксплуатации. Сроки контрольных осмотров, текущих ремонтов кожухов, патрубков, переходов, сигнальной системы, тепловой и гидроизоляции, а также направляющих опор выполняются эксплуатационной организацией одновременно с основным теплопроводом.

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

7.6. При установке **СК-МК, СКУ-МК, ССК-МК** 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.

7.7. Пуск, остановка, текущие и контрольные осмотры и испытания теплопроводов с **СК-МК, СКУ-МК, ССК-МК** должны производиться в соответствии с эксплуатационными инструкциями и требованиями Правил техники безопасности и Правил технической эксплуатации.

7.10. В процессе эксплуатации *надземно проложенные* теплопроводы с **СК-МК, СКУ-МК, ССК-МК** должны периодически проверяться на соосность в связи с возможностью просадки отдельных подвижных, направляющих и неподвижных опор, что может привести к потере устойчивости. Во избежание заклинивания (вплоть до деформации и разрушения) направляющих опор следует периодически замерять (и восстанавливать) зазор между теплопроводом и конструкциями опор, ограничивающими его боковые перемещения.

П Р И Л О Ж Е Н И Е 1

ТРУБЫ ДЛЯ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

Таблица 1

Трубы для тепловых сетей

Условный проход Ду, мм	ГОСТ, ТУ на трубы, хар-ка	Марка стали	ГОСТ, ТУ на сталь	Предельные параметры t,°С	Предельные параметры Р, МПа	Необходимость дополнительных испытаний
1	2	3	4	5	6	7
15 - 400	ГОСТ 10705-80 (группа Б) электросварные, прямошовные термически обработан.	Ст3сп5 10 20	ГОСТ 380 ГОСТ 1050 ГОСТ 1050	300	1,6	Испытания на загиб сварного шва
15 - 400	ТУ 14-3-190 бесшовные горячедеформированные	10 20	ГОСТ 1050 ГОСТ 1050	425	6,4	
15 - 400	ТУ 14-3-1128 бесшовные горячедеформированные	09Г2С	ГОСТ 19281	425	5,0	Испытания на загиб
15 - 100	ГОСТ 8733 (группа В) бесшовные термически обработан	10 20	ГОСТ1050 ГОСТ1050	300	1,6	Испытания на загиб, пред.текучест.
15 - 125	ГОСТ 3262-75 прямошовн. водопровод. оцинкован (для горячего водоснабжения)	10 20		60	1,0	
500 700 800	ГОСТ 20295 электросварные, прямошовн.,термообоаботанные тип 3	17ГС 17Г1С 20	ГОСТ 19281 ГОСТ 19281 ГОСТ 1050	350	2,5	Испытания сварного шва: - на загиб, - на ударную вязкость

Продолжение таблицы 1

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

Таблица 2

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

Марка стали	Относительное удлинение %	Ударная вязкость (KCU) кгс.м/см^2			Угол загиба сварного шва трубы	Проверка заводских сварных швов неразруш методом	Временное сопротивление $\sigma_в$, МПа	Предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа
		-20	-40	-60				
Углеродистые Вст3сп5 10 20	20	3	3*	-	100°	100%	372	225
Низколегированные 17ГС, 17Г1С, 17Г1СУ	20	-	3	-	80°	100%	500	350
09Г2С	20	-	-	3	80°	100%	478	265

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

Таблица 3

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

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

Таблица 4

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

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

Таблица 5

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

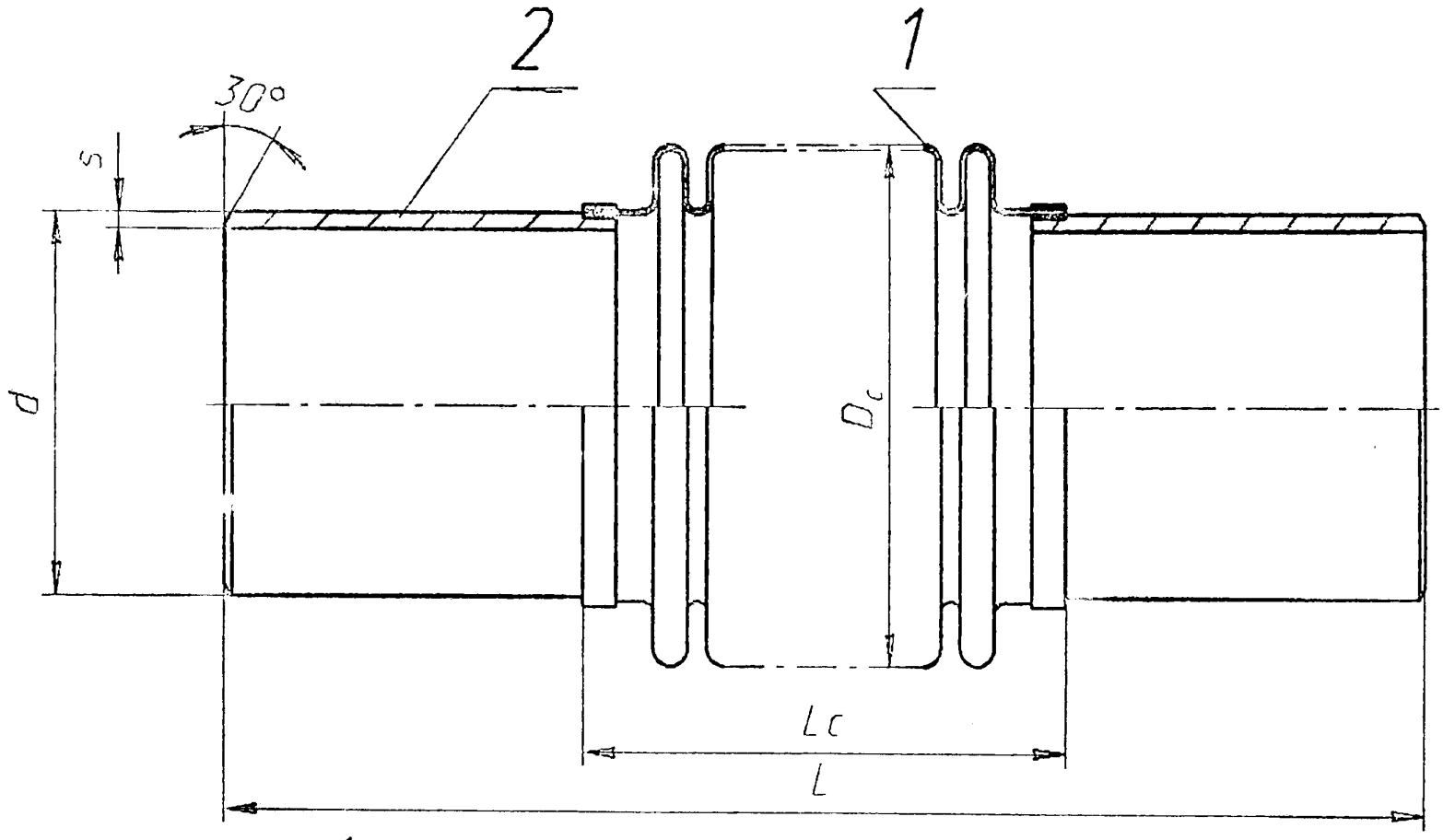
Дн, мм	Предельные отклонения по наружному диаметру торцов труб	Обоснование
57 - 159	0,8% от Дн	ГОСТ 10704 - 91
219 - 426	0,75% от Дн	ГОСТ 10704 - 91
530 - 880	2 мм	ГОСТ 20295 - 85
920	2 мм	ТУ 14 - 3 - 808 - 78
1000	2 мм	ТУ 14 - 3 - 1138 - 82 ТУ 14 - 3 - 620 - 77

Овальность труб Дн 57 - 426 мм не должна быть более предельных отклонений по наружному диаметру труб.
Для труб Дн 530мм и более овальность не должна превышать 1% от Дн.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

СИЛЬФОННЫЕ КОМПЕНСАТОРЫ ИФКП.302667.310 ТУ (СК-160.000.00 ТУ)

Компенсатор СК-160.000.00



1 - сильфон; 2 - патрубок

рисунок 1

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

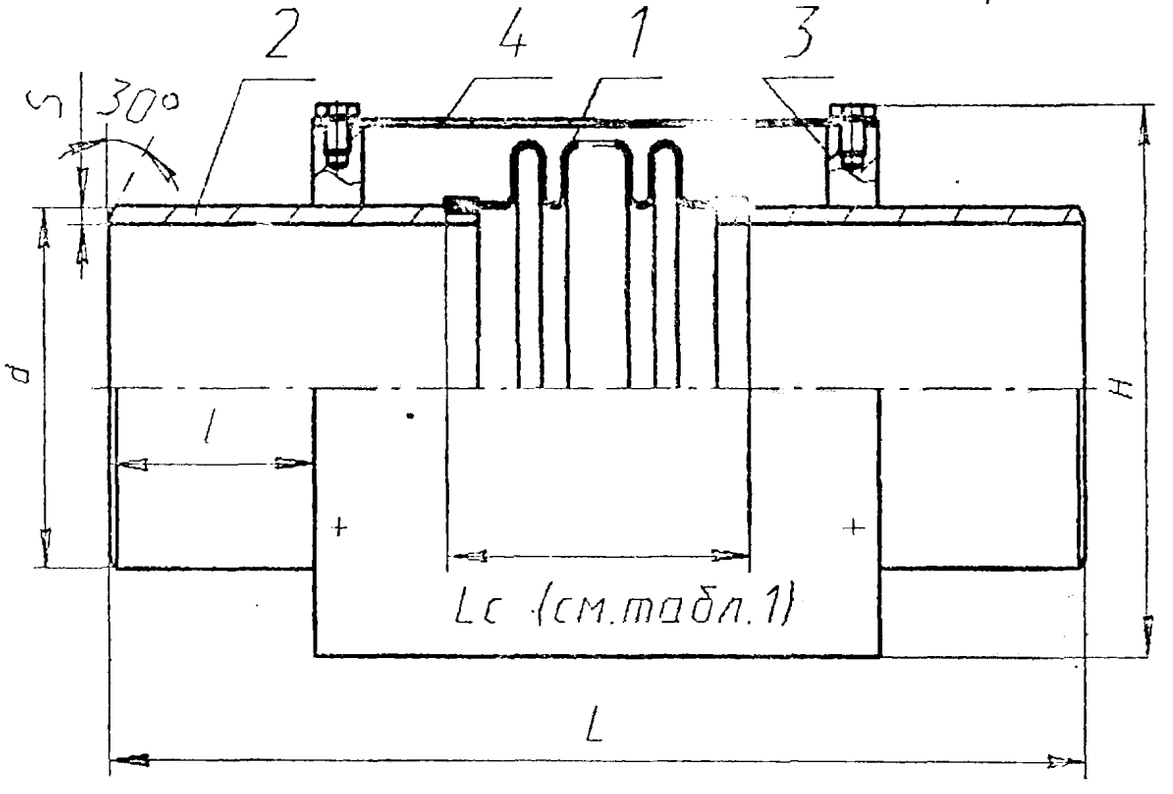
Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата

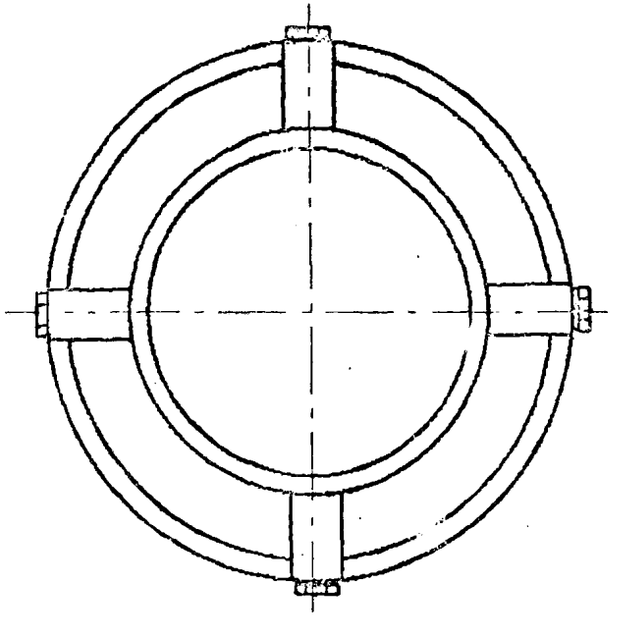
Ифкп.302661.310ТУ
(СК-160.000.00ТУ) ①

Лист 8

Заказ 21—10(00) 99 09 96 г

Компенсатор СК-161.000.00

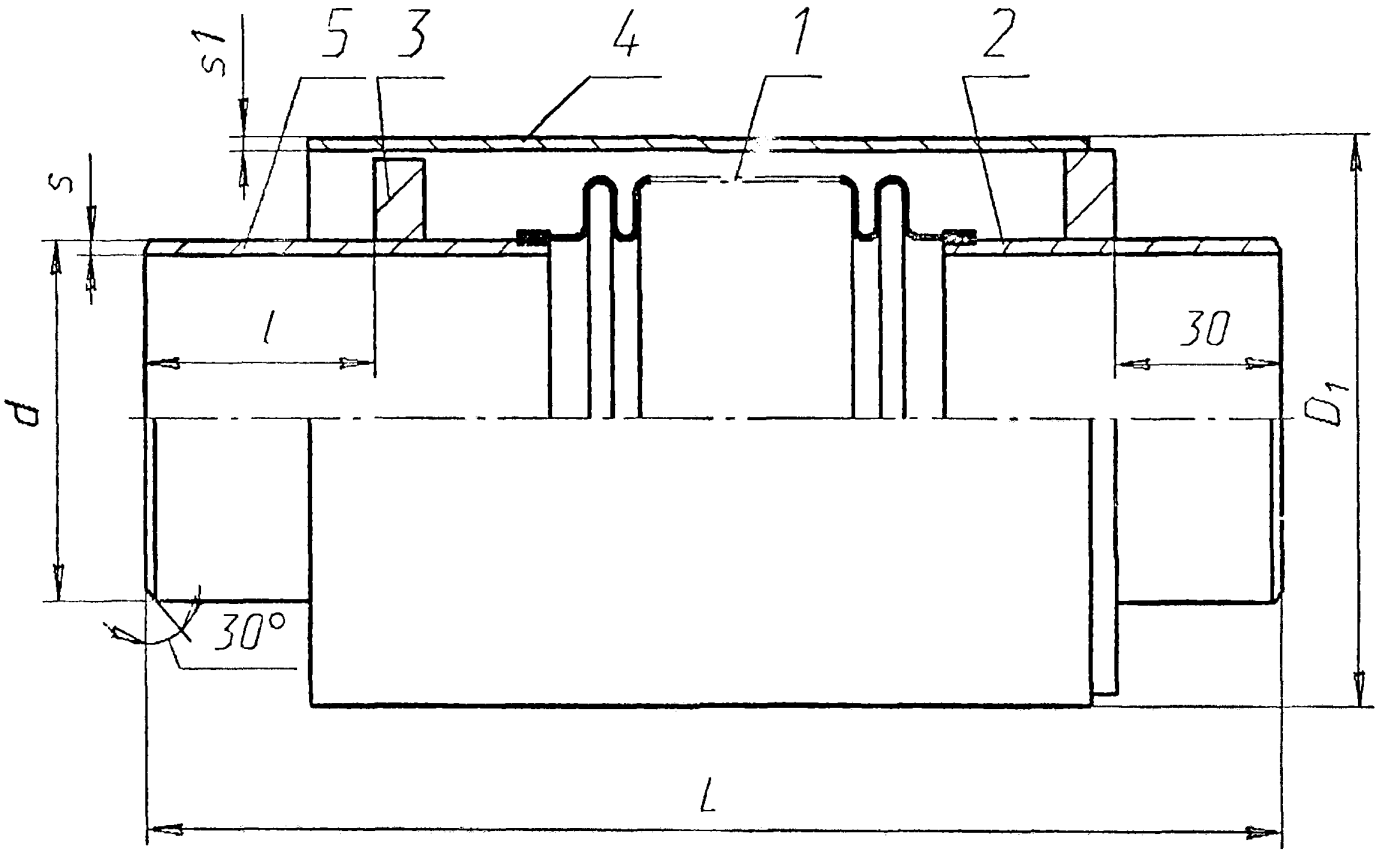




1 - сильфон; 2 - патрубок ; 3 - бобышка ; 4 - кожух

рисунок 2

Компенсатор СК-162.000.00



1 - сильфон; 2,5 -патрубки; 3 - кольцо; 4 - кожух

рисунок 3

Таблица 1.

Условное обозначение СК	Номер чертежа СК	Ду	Ру МПа	Присоедин. размеры d,мм	Присоедин. размеры s,мм	Габарит L, мм	Габарит пред. откл.	Габарит Dc, мм	Габарит Lc, мм	Амплитуда осевого хода,мм 100%	Амплитуда осевого хода,мм 30%	Эффект. площадь Sэфф см*см	Жесткость хода кгс/см	Масса кг	Коды ОКП
СКО-16.50.40	СК-160.000.00	50	1,6	57	3,5	307	-2+2	75	127	20	6,0	34	357	1,4	
СКО-16.65.80	СК-160.000.00-01	65	1,6	76	4	355	-2+2	104	177	40	12,0	64	245	2,9	
СКО-16.80.90	СК-160.000.00-02	80	1,6	89	4	354	-2+2	122	174	45	13,5	87	227	3,4	
СКО-16.100.120	СК-160.000.00-03	100	1,6	108	5	372	-2+2	149	192	60	18,0	130	278	6,6	
СКО-16.125.130	СК-160.000.00-04	125	1,6	133	5	414	-2+2	185	234	65	19,5	199	358	10,9	
СКО-16.150.150	СК-160.000.00-05	150	1,6	159	5	425	-2+2	214	245	75	22,5	282	305	14	
СКО-16.200.160	СК-160.000.00-24	200	1,6	219	6	560	-2+2	277	288	80	24,0	483	408	25	
СКО-16.250.180	СК-160.000.00-25	250	1,6	273	7	570	-2+2	337	298	90	27,0	731	429	29	
СКО-16.300.180	СК-160.000.00-26	300	1,6	325	7	586	-2+2	389	314	90	27,0	1001	445	39	
СКО-16.350.180	СК-160.000.00-27	350	1,6	377	7	620	-2+2	428	348	90	27,0	1272	428	44	
СКО-16.400.180	СК-160.000.00-28	400	1,6	426	7	701	-2+2	469	429	90	27,0	1573	555	73	
СКО-16.500.180	СК-160.000.00-29	500	1,6	530	8	712	-2+2	580	440	90	27,0	2419	608	100	
СКО-16.600.180	СК-160.000.00-30	600	1,6	630	8	711	-5 +5	689	439	90	27,0	3416	632	118	
СКО-16.700.180	СК-160.000.00-31	700	1,6	720	8	666	-5 +5	795	394	90	27,0	4507	593	123	
СКО-16.800.180	СК-160.000.00-32	800	1,6	820	8	684	-5 +5	902	412	90	27,0	5822	637	166	
СКО-16.900.180	СК-160.000.00-33	900	1,6	920	10	655	-5 +5	1008	383	90	27,0	8075	577	169	
СКО-16.1000.180	СК-160.000.00-34	1000	1,6	1020	10	637	-5 +5	1123	365	90	27,0	9017	680	210	
СКО-16.1200.180	СК-160.000.00-35	1200	1,6	1220	12	637	-5 +5	1325	365	90	27,0	12718	740	270	

ИФКП.302667.310ТУ
СК-160.000.00 ТУ

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

Таблица 1.(продолжение)

Условное обозначение СК	Номер чертежа СК	Ду	Ру МПа	Присоедин. размеры d,мм	s,мм	Габарит L, Мм	пред. откл.	Дс, мм	Lc, мм	Амплитуда осевого хода,мм 100%	30%	Эффект. площадь Sэфф см*см	Жест-кость хода кгс/см	Масса кг	Коды ОКП
СКО-25.50.40	СК-160.000.00-18	50	2,5	57	3,5	308	-2+2	75	128	20	6,0	34	536	2	
СКО-25.65.80	СК-160.000.00-19	65	2,5	76	4	382	-2+2	104	202	40	12,0	64	408	4	
СКО-25.80.90	СК-160.000.00-20	80	2,5	89	4	360	-2+2	122	180	45	13,5	87	378	5	
СКО-25.100.120	СК-160.000.00-21	100	2,5	108	5	428	-2+2	149	248	60	18,0	130	445	10	
СКО-25.125.130	СК-160.000.00-22	125	2,5	133	5	471	-2+2	185	291	65	19,5	199	614	18	
СКО-25.150.150	СК-160.000.00-23	150	2,5	159	5	471	-2+2	214	291	75	22,5	282	458	20	
СКО-25.200.160	СК-160.000.00-06	200	2,5	219	6	571	-2+2	277	299	80	24,0	483	525	27,6	
СКО-25.250.180	СК-160.000.00-07	250	2,5	273	7	572	-2+2	337	300	90	27,0	731	551	36	
СКО-25.300.180	СК-160.000.00-08	300	2,5	325	7	588	-2+2	389	316	90	27,0	1001	572	43,4	
СКО-25.350.180	СК-160.000.00-09	350	2,5	377	7	626	-2+2	428	354	90	27,0	1272	550	50,1	
СКО-25.400.180	СК-160.000.00-10	400	2,5	426	7	725	-2+2	469	453	90	27,0	1573	666	80,8	
СКО-25.500.180	СК-160.000.00-11	500	2,5	530	8	746	-2+2	580	474	90	27,0	2419	774	119,2	
СКО-25.600.180	СК-160.000.00-12	600	2,5	630	8	757	-5 +5	689	483	90	27,0	3416	919	156,3	
СКО-25.700.180	СК-160.000.00-13	700	2,5	720	8	709	-5 +5	795	436	90	27,0	4507	949	172,5	
СКО-25.800.180	СК-160.000.00-14	800	2,5	820	8	725	-5 +5	902	451	90	27,0	5822	849	206	
СКО-25.900.180	СК-160.000.00-15	900	2,5	920	10	689	-5 +5	1008	417	90	27,0	8075	923	231,4	
СКО-25.1000.180	СК-160.000.00-16	1000	2,5	1020	10	692	-5 +5	1123	420	90	27,0	9017	1134	311,4	
СКО-25.1200.180	СК-160.000.00-17	1200	2,5	1220	12	692	-5 +5	1325	420	90	27,0	12718	1234	391,3	

Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата

Ит КП.302667.310ТУ

(СК-160.000.00 ТУ)

Лист 7а

Заказ 91—10000 22.02.96 г.

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

Таблица 2.

Условное обозначение СК	Номер чертежа СК	Ду	Ру МПа	Присоедин. размеры d,мм	Присоедин. размеры s,мм	Габарит L, мм	Габарит пред. откл.	Габарит H, мм	Габарит l, мм	Амплитуда осевого хода,мм 100%	Амплитуда осевого хода,мм 30%	Эффект. площадь Sэфф см*см	Жесткость хода кгс/см	Масса кг	Коды ОКП
СКО-16.50.40 Т	СК-161.000.00	50	1,6	57	3,5	307	-2+2	116	50	20	6,0	34	357	2,18	
СКО-16.65.80 Т	СК-161.000.00-01	65	1,6	76	4	355	-2+2	145	50	40	12,0	64	245	4,29	
СКО-16.80.90 Т	СК-161.000.00-02	80	1,6	89	4	354	-2+2	178	50	45	13,5	87	227	5,3	
СКО-16.100.120 Т	СК-161.000.00-03	100	1,6	108	5	372	-2+2	207	50	60	18,0	130	278	10,4	
СКО-16.125.130 Т	СК-161.000.00-04	125	1,6	133	5	414	-2+2	232	50	65	19,5	199	358	15,8	
СКО-16.150.150 Т	СК-161.000.00-05	150	1,6	159	5	425	-2+2	279	50	75	22,5	282	305	20,9	
СКО-16.200.160 Т	СК-161.000.00-24	200	1,6	219	6	560	-2+2	340	100	80	24,0	483	408	32	
СКО-16.250.180 Т	СК-161.000.00-25	250	1,6	273	7	570	-2+2	394	100	90	27,0	731	429	41	
СКО-16.300.180 Т	СК-161.000.00-26	300	1,6	325	7	586	-2+2	446	100	90	27,0	1001	445	49	
СКО-16.350.180 Т	СК-161.000.00-27	350	1,6	377	7	620	-2+2	479	100	90	27,0	1272	428	56	
СКО-16.400.180 Т	СК-161.000.00-28	400	1,6	426	7	701	-2+2	527	100	90	27,0	1573	555	86	
СКО-16.500.180 Т	СК-161.000.00-29	500	1,6	530	8	712	-2+2	653	100	90	27,0	2419	608	127	
СКО-16.600.180 Т	СК-161.000.00-30	600	1,6	630	8	711	-5 +5	753	100	90	27,0	3416	632	152	
СКО-16.700.180 Т	СК-161.000.00-31	700	1,6	720	8	666	-5 +5	863	100	90	27,0	4507	593	154	
СКО-16.800.180 Т	СК-161.000.00-32	800	1,6	820	8	684	-5 +5	963	100	90	27,0	5822	637	208	
СКО-16.900.180 Т	СК-161.000.00-33	900	1,6	920	10	655	-5 +5	1063	100	90	27,0	8075	577	210	
СКО-16.1000.180 Т	СК-161.000.00-34	1000	1,6	1020	10	637	-5 +5	1183	100	90	27,0	9017	680	258	
СКО-16.1200.180 Т	СК-161.000.00-35	1200	1,6	1220	12	637	-5 +5	1383	100	90	27,0	12718	740	325	

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

Таблица 2. (продолжение)

Условное обозначение СК	Номер чертежа СК	Ду	Ру МПа	Присоедин. размеры d,мм	Присоедин. размеры s,мм	Габарит L, мм	Габарит пред. откл.	Габарит H, мм	Габарит I, мм	Амплитуда осевого хода,мм 100%	Амплитуда осевого хода,мм 30%	Эффект. площадь Sэфф см*см	Жесткость хода кгс/см	Масса кг	Коды ОКП
СКО-25.50.40 Т	СК-161.000.00-18	50	2,5	57	3,5	[illegible]	-2+2	116	50	20	6,0	34	536	3	
СКО-25.65.80 Т	СК-161.000.00-19	65	2,5	76	4	382	-2+2	145	50	40	12,0	64	408	5,2	
СКО-25.80.90 Т	СК-161.000.00-20	80	2,5	89	4	[illegible]	-2+2	178	50	45	13,5	87	378	7	
СКО-25.100.120 Т	СК-161.000.00-21	100	2,5	108	5	428	-2+2	207	50	60	18,0	130	445	12	
СКО-25.125.130 Т	СК-161.000.00-22	125	2,5	133	5	471	-2+2	232	50	65	19,5	199	614	21	
СКО-25.150.1[illegible] Т	СК-161.000.00-23	150	2,5	159	5	471	-2+2	279	50	75	22,5	282	458	26	
СКО-25.200.160 Т	СК-161.000.00-06	200	2,5	219	6	571	-2+2	[illegible]40	100	80	24,0	483	525	34,7	
СКО-25.250.180 Т	СК-161.000.00-07	250	2,5	273	7	572	-2+2	394	100	90	27,0	731	551	44,8	
СКО-25.300.180 Т	СК-161.000.00-08	300	2,5	325	7	588	-2+2	446	100	90	27,0	1001	572	50,7	
СКО-25.350.180 Т	СК-161.000.00-09	350	2,5	377	7	626	-2+2	479	100	90	27,0	1272	550	61,2	
СКО-25.400.180 Т	СК-161.000.00-10	400	2,5	426	7	725	-2+2	527	100	90	27,0	1573	666	100,6	
СКО-25.500.180 Т	СК-161.000.00-11	500	2,5	530	8	746	-2+2	653	100	90	27,0	2419	774	148,4	
СКО-25.600.180 Т	СК-161.000.00-12	600	2,5	630	8	757	-5 +5	753	100	90	27,0	3416	919	194,0	
СКО-25.700.180 Т	СК-161.000.00-13	700	2,5	720	8	709	-5 +5	863	100	90	27,0	4507	949	222,4	
СКО-25.800.180 Т	СК-161.000.00-14	800	2,5	820	8	725	-5 +5	963	100	90	27,0	5822	849	252,4	
СКО-25.900.180 Т	СК-161.000.00-15	900	2,5	920	10	689	-5 +5	1063	100	90	27,0	8075	923	296,5	
СКО-25.1000.180 Т	СК-161.000.00-16	1000	2,5	1020	10	692	-5 +5	1183	100	90	27,0	9017	1134	368,2	
СКО-25.1200.180 Т	СК-161.000.00-17	1200	2,5	1220	12	692	-5 +5	1383	100	90	27,0	12718	1234	422,3	

Таблица 3.

Условное обозначение СК	Обозначение СК	Ду	Ру	Присоедин. размеры		Габарит					Амплитуда осевого хода, мм		Эффект. площадь	Жесткость хода	Масса	Коды ОКП
						L,	пред.	Д1,	S1,	l						
			МПа	d, мм	s, мм	мм	откл.	мм	мм	мм	100%	30%	Sэфф см*см	кгс/см	кг	
СКО-16.50.40 З	СК-162.000.00	50	1,6	57	3,5	327	+2 -2	114	4	80	20	6.0	34	357	5,6	
СКО-16.65.80 З	СК-162.000.00-01	65	1,6	76	4	416	+2 -2	159	5	120	40	12.0	64	245	12,2	
СКО-16.80.90 З	СК-162.000.00-02	80	1,6	89	4	424	+2 -2	159	5	130	45	13,5	87	227	12,3	
СКО-16.100.120 З	СК-162.000.00-03	100	1,6	108	5	472	+2 -2	219	6	160	60	18	130	278	24,6	
СКО-16.125.130 З	СК-162.000.00-04	125	1,6	133	5	524	+2 -2	219	6	170	65	19,5	199	358	30,5	
СКО-16.150.150 З	СК-162.000.00-05	150	1,6	159	5	555	+2 -2	273	7	190	75	22,5	282	305	44,1	
СКО-25.200.160 З	СК-162.000.00-06	200	2,5	219	6	641	+2 -2	325	7	200	80	24,0	483	525	70,3	
СКО-25.250.180 З	СК-162.000.00-07	250	2,5	273	7	662	+2 -2	377	7	220	90	27,0	731	551	87,4	
СКО-25.300.180 З	СК-162.000.00-08	300	2,5	325	7	678	+2 -2	426	7	220	90	27,0	1001	572	102,7	
СКО-25.350.180 З	СК-162.000.00-09	350	2,5	377	7	716	+2 -2	480	8	220	90	27,0	1272	550	132,9	
СКО-25.400.180 З	СК-162.000.00-10	400	2,5	426	7	815	+2 -2	530	8	220	90	27,0	1573	666	178,4	
СКО-25.500.180 З	СК-162.000.00-11	500	2,5	530	8	836	+2 -2	630	8	220	90	27,0	2419	774	239,4	
СКО-25.600.180 З	СК-162.000.00-12	600	2,5	630	8	877	+5 -5	745	8	220	90	27,0	3416	919	319,1	
СКО-25.700.180 З	СК-162.000.00-13	700	2,5	720	8	829	+5 -5	850	8	220	90	27,0	4507	949	355,3	
СКО-25.800.180 З	СК-162.000.00-14	800	2,5	820	8	843	+5 -5	960	8	220	90	27,0	5822	849	420,3	
СКО-25.900.180 З	СК-162.000.00-15	900	2,5	920	10	809	+5 -5	1065	8	220	90	27,0	8075	923	469,9	
СКО-25.1000.180 З	СК-162.000.00-16	1000	2,5	1020	10	812	+5 -5	1190	10	220	90	27,0	9017	1134	658,0	
СКО-25.1200.180 З	СК-162.000.00-17	1200	2,5	1220	14	812	+5 -5	1395	10	220	90	27,0	12718	1234	825,5	

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

СИЛЬФОННЫЕ КОМПЕНСИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

ВЕИШ.302667.300-0143 ТУ

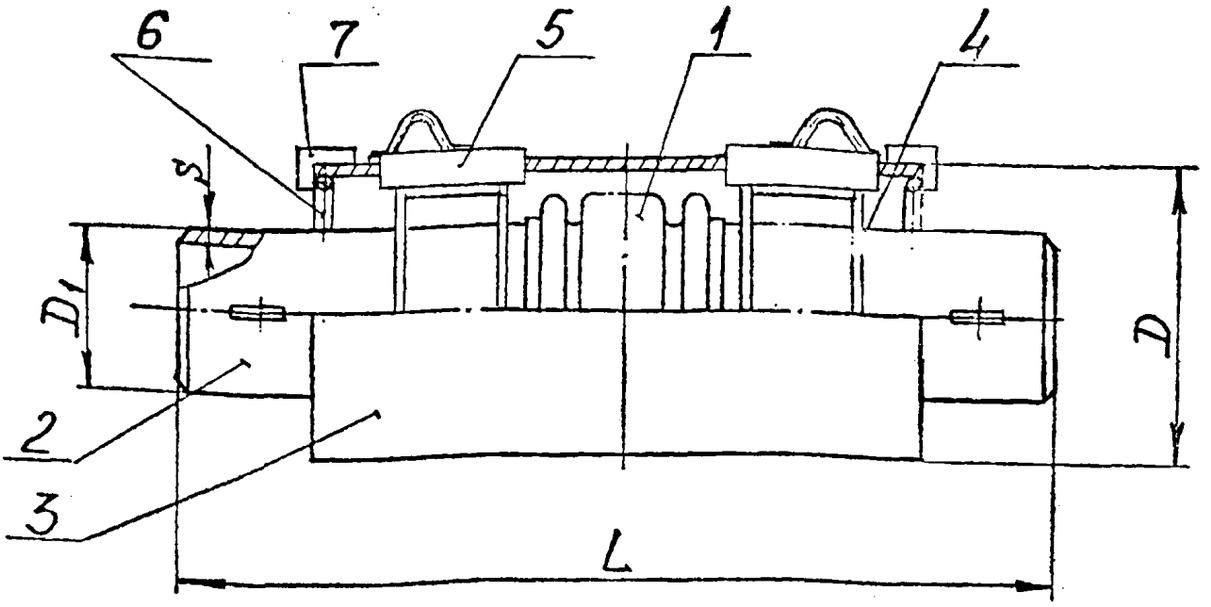


Рис. 1

1- сильфон; 2- патрубок; 3- кожух;
4- фланец опорный; 5- ограничитель;
6- фланец запорный; 7- упор.

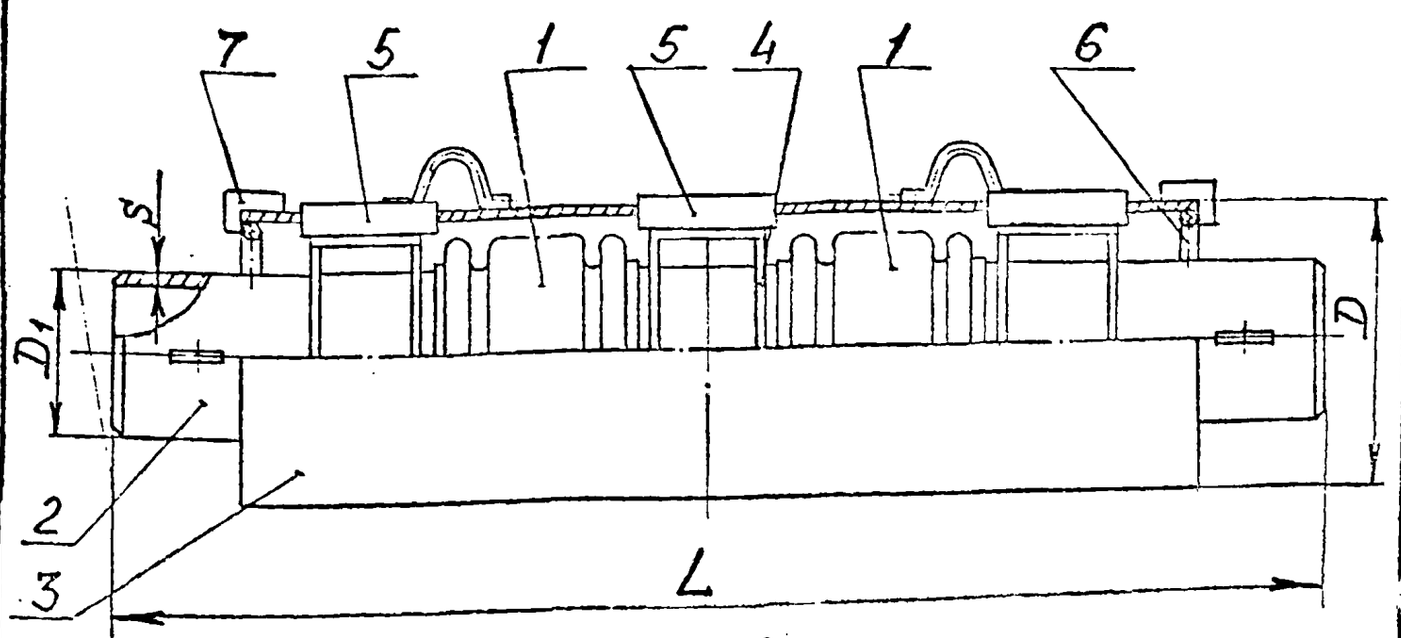


Рис. 2

1- сильфон; 2- патрубок; 3- кожух;
4- фланец опорный; 5- ограничитель;
6- фланец запорный; 7- упор.

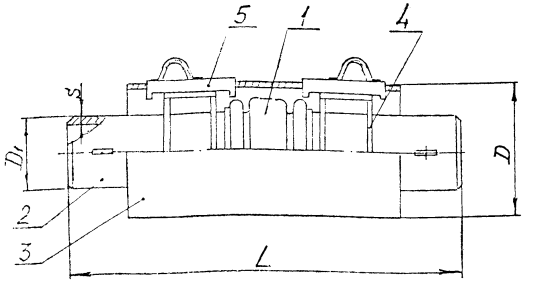


Рис.3

1- сильфон; 2- патрубок; 3- кожух;
4- фланец опорный; 5- ограничитель

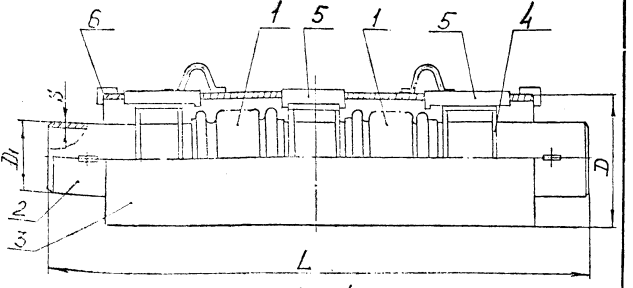


Рис. 4

1- сильфон, 2- патрубок; 3- кожух;
4- фланец опорный, 5- ограничитель;
6- упор

Условное обозначение	Обозначение	Рис.	Условное давление, Ру, МПа (кгс/см²)	Диаметр условного прохода, Ду, мм	Размеры, мм D1	S	D	L Номин.	L Предельн. откл. ±	Параметры проводимых сред: Наименование	Температура Т, °С	Скорость м/с	Характеристики: Амплитуд. осевого хода, мм 100% режим	30% режим	Жесткость осевая, кН/м при Р=0	Коэффициент гидравлич. сопротивлен.	Масса, кг	Эффектив. пл. эф., см²	Код ОКП
1СКУО-25-200.160.БК	ВЕНШ.302667.301-01.43	1	2,5(25)	200	219	6	426	1761	±7,85	Вода	423		80	24	70	0,115	212	450	36 9574 2800
1СКУО-6-250.160.БК	-02.43	1	0,6(6,0)	250	273	7	480	1705	±7,85	по	(150)	5	80	24	86	0,103	240	690	2801
1СКУО-10-250.160.БК	-03.43	1	1,0(10,0)	250	273	7	480	1722	±7,85	ГОСТ 2874-80			80	24	120	0,103	244	690	02
1СКУО-16-250.160.БК	-04.43	1	1,6(16,0)	250	273	7	480	1758	±7,85	Пар	523	60	80	24	180	0,103	255	690	03
1СКУО-25-250.160.БК	-05.43	1	2,5(25,0)	250	273	7	480	1797	±8,15		(250)		80	24	260	0,103	266	690	04
1СКУО-6-300.160.БК	-06.43	1	0,6(6,0)	300	325	7	530	1707	±7,85				80	24	84	0,087	284	960	05
1СКУО-10-300.160.БК	-07.43	1	1,0(10,0)	300	325	7	530	1722	±7,85				80	24	114	0,087	290	960	06
1СКУО-16-300.160.БК	-08.43	1	1,6(16,0)	300	325	7	530	1756	±7,85				80	24	186	0,087	303	960	07
1СКУО-25-300.160.БК	-09.43	1	2,5(25,0)	300	325	7	530	1760	±7,85				80	24	272	0,087	314	960	08
1СКУО-6-350.170.БК	-10.43	1	0,6(6,0)	350	377	7	530	1691	±7,85				85	25,5	92	0,129	283	1120	09
1СКУО-10-350.180.БК	-11.43	1	1,0(10,0)	350	377	7	530	1722	±7,85				90	27	150	0,129	296	1120	10
1СКУО-16-350.180.БК	-12.43	1	1,6(16,0)	350	377	7	530	1753	±7,85				90	27	226	0,129	309	1120	11
1СКУО-25-350.180.БК	-13.43	1	2,5(25,0)	350	377	7	530	1784	±8,15				90	27	308	0,129	322	1120	12
1СКУО-6-400.180.БК	-14.43	1	0,6(6,0)	400	426	7	628	1699	±7,85				90	27	168	0,113	347	1440	13
1СКУО-10-400.180.БК	-15.43	1	1,0(10,0)	400	426	7	628	1740	±7,85				90	27	348	0,113	366	1440	14
1СКУО-16-400.180.БК	-16.43	1	1,6(16,0)	400	426	7	628	1741	±7,85				90	27	500	0,113	377	1440	15
1СКУО-25-400.180.БК	-17.43	1	2,5(25,0)	400	426	7	628	1769	±7,85				90	27	700	0,113	395	1440	16
1СКУО-25-500.180.БК	-18.43	1	2,5(25,0)	500	530	8	718	1784	±8,15				90	27	820	0,093	492	2250	17
1СКУО-16-600.180.БК	-19.43	1	1,6(16,0)	600	630	8	820	1764	±7,85				90	27	820	0,080	569	3200	18
1СКУО-25-600.180.БК	-20.43	1	2,5(25,0)	600	630	8	820	1783	±8,15				90	27	1000	0,080	610	3200	19
1СКУО-25-700.160.БК	-21.43	1	2,5(25,0)	700	720	8	920	1757	±7,85				80	24	1060	0,060	699	4350	20
1СКУО-25-800.160.БК	-22.43	1	2,5(25,0)	800	820	8	1020	1773	±8,15				80	24	1000	0,057	816	5650	21
1СКУО-25-900.170.БК	-23.43	1	2,5(25,0)	900	920	10	1120	1739	±7,85				85	25,5	1100	0,045	963	7180	22
1СКУО-25-1000.170.БК	-24.43	1	2,5(25,0)	1000	1020	10	1218	1782	±8,15				85	25,5	1440	0,040	1121	8900	23
1СКУО-25-1200.170.БК	-25.43	1	2,5(25,0)	1200	1220	14	1416	1782	±8,15				85	25,5	1720	0,040	1447	12500	24

Условное обозначение	Обозначение	$P_{нс}$	Условное давление, P_y, МПа (кгс/см²)	Диаметр условного прохода, D_y, мм	Размеры, мм: D_1	S	D	L: Номин.	L: Предельн. отклонен.	Параметры проводимых сред: наименов.	Температура T, К (°С)	Скорость, м/с	Характеристики: Амплитуда осевого хода, мм: 100% режим	30% режим	Жесткость осевая кН/м при P=0	Коэффициент гидравлич. сопротивлен.	Масса, кг	Эффективная площадь, $F_{эф}$, см²	Код ОКП
2СКУО-25-200.320.БК	ВЕИШ.302667.300-01.43	2	2,5(25,0)	200	219	6	426	2502	±13,6				160	48	35	0,115	342	450	36 9574 2825
2СКУО-6-250.320.БК	-02.43	2	0,6(6,0)	250	273	7	480	2390	±13,6				160	48	43	0,103	425	690	26
2СКУО-10-250.320.БК	-03.43	2	1,0(10,0)	250	273	7	480	2424	±13,6	Вода по ГОСТ 2874-	423 (150)	5	160	48	60	0,103	435	690	27
2СКУО-16-250.320.БК	-04.43	2	1,6(16,0)	250	273	7	480	2496	±13,6				160	48	90	0,103	458	690	28
2СКУО-25-250.320.БК	-05.43	2	2,5(25,0)	250	273	7	480	2574	±14,2				160	48	130	0,103	482	690	29
2СКУО-6-300.320.БК	-06.43	2	0,6(6,0)	300	325	7	530	2394	±13,6				160	48	42	0,087	488	960	30
2СКУО-10-300.320.БК	-07.43	2	1,0(10,0)	300	325	7	530	2424	±13,6	Пар	523	60	160	48	57	0,087	502	960	31
2СКУО-16-300.320.БК	-08.43	2	1,6(16,0)	300	325	7	530	2492	±13,6				160	48	93	0,087	537	960	32
2СКУО-25-300.320.БК	-09.43	2	2,5(25,0)	300	325	7	530	2500	±13,6				160	48	136	0,087	558	960	33
2СКУО-6-350.340.БК	-10.43	2	0,6(6,0)	350	377	7	530	2362	±13,6				170	51	46	0,129	498	1120	34
2СКУО-10-350.360.БК	-11.43	2	1,0(10,0)	350	377	7	530	2424	±13,6				180	54	75	0,129	525	1120	35
2СКУО-16-350.360.БК	-12.43	2	1,6(16,0)	350	377	7	530	2486	±13,6				180	54	113	0,129	553	1120	36
2СКУО-25-350.360.БК	-13.43	2	2,5(25,0)	350	377	7	530	2548	±14,2				180	54	154	0,129	582	1120	37
2СКУО-6-400.360.БК	-14.43	2	0,6(6,0)	400	426	7	628	2378	±13,6				180	54	84	0,113	561	1440	38
2СКУО-10-400.360.БК	-15.43	2	1,0(10,0)	400	426	7	628	2460	±13,6				180	54	174	0,113	600	1440	39
2СКУО-16-400.360.БК	-16.43	2	1,6(16,0)	400	426	7	628	2462	±13,6				180	54	250	0,113	621	1440	40
2СКУО-25-400.360.БК	-17.43	2	2,5(25,0)	400	426	7	628	2518	±13,6				180	54	350	0,113	658	1440	41
2СКУО-25-500.360.БК	-18.43	2	2,5(25,0)	500	530	8	718	2548	±14,2				180	54	410	0,093	902	2250	42
2СКУО-16-600.360.БК	-19.43	2	1,6(16,0)	600	630	8	820	2508	±13,6				180	54	410	0,080	1028	3200	43
2СКУО-25-600.360.БК	-20.43	2	2,5(25,0)	600	630	8	820	2546	±14,2				180	54	500	0,080	1065	3200	44
2СКУО-25-700.320.БК	-21.43	2	2,5(25,0)	700	720	8	920	2494	±13,6				160	48	530	0,060	1211	4350	45
2СКУО-25-800.320.БК	-22.43	2	2,5(25,0)	800	820	8	1020	2526	±14,2				160	48	500	0,057	1203	5650	46
2СКУО-25-900.340.БК	-23.43	2	2,5(25,0)	900	920	10	1120	2458	±13,6				170	51	550	0,045	1594	7180	47
2СКУО-25-1000.340.БК	-24.43	2	2,5(25,0)	1000	1020	10	1218	2544	±14,2				170	51	720	0,040	1388	8900	48
2СКУО-25-1200.340.БК	-25.43	2	2,5(25,0)	1200	1220	14	1416	2544	±14,2				170	51	860	0,040	2275	12500	49

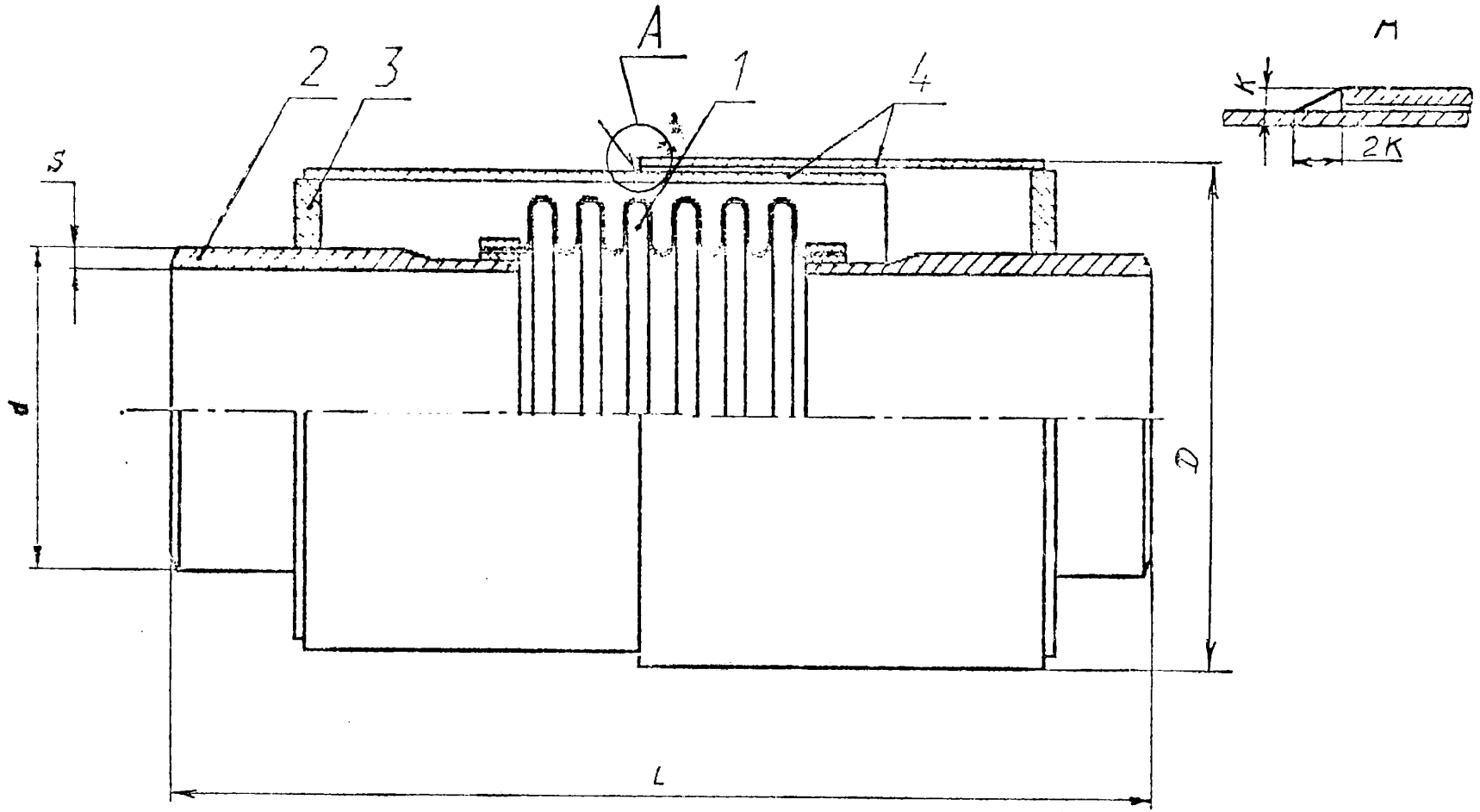
Условное обозначение	Обозначение	Рис.	Условное давление, Ру МПа, (кгс/см²)	Диаметр условного прохода, Dу, мм	Размеры, мм					Параметры проводимых сред			Характеристики						Код ОКП
					D1	S	D	L					Амплитуда осевого хода, мм		Жесткость осевая при P=0, Сх, кН/м	Коэффициент гидравлическ. сопротивлен.	Масса, кг	Эффективн. площадь Sэф, см²	
								Номин.	Предельн. отклон.	Наименов.	Температура, T, К (°С)	Скорость, м/с	100% режима	30% режима					
1СКУО-25-200.160.К	ВЕИШ302667.304-01.43	3	2,5(25)	200	219	6	340	1761	±7,85				80	24	70	0,115	161	450	3695742850
1СКУО-6-250.160.К	-02.43	3	0,6(6,0)	250	273	7	400	1705	±7,85				80	24	86	0,103	188	690	51
1СКУО-10-250.160.К	-03.43	3	1,0(10,0)	250	273	7	400	1722	±7,85				80	24	120	0,103	192	690	52
1СКУО-16-250.160.К	-04.43	3	1,6(16,0)	250	273	7	400	1758	±7,85	Вода ГОСТ 2874	423	5	80	24	180	0,103	203	690	53
1СКУО-25-250.160.К	-05.43	3	2,5(25,0)	250	273	7	400	1797	±8,15				80	24	260	0,103	214	690	54
1СКУО-6-300.160.К	-06.43	3	0,6(6,0)	300	325	7	460	1707	±7,85				80	24	84	0,087	223	960	55
1СКУО-10-300.160.К	-07.43	3	1,0(10,0)	300	325	7	460	1722	±7,85				80	24	114	0,087	229	960	56
1СКУО-16-300.160.К	-08.43	3	1,6(16,0)	300	325	7	460	1756	±7,85	Пар	523 (250)	60	80	24	186	0,087	241	960	57
1СКУО-25-300.160.К	-09.43	3	2,5(25,0)	300	325	7	460	1760	±7,85				80	24	272	0,087	253	960	58
1СКУО-6-350.170.К	-10.43	3	0,6(6,0)	350	377	7	495	1691	±7,85				85	25,5	92	0,129	240	1120	59
1СКУО-10-350.180.К	-11.43	3	1,0(10,0)	350	377	7	495	1722	±7,85				90	27	150	0,129	252	1120	60
1СКУО-16-350.180.К	-12.43	3	1,6(16,0)	350	377	7	495	1753	±7,85				90	27	226	0,129	266	1120	61
1СКУО-25-350.180.К	-13.43	3	2,5(25,0)	350	377	7	495	1784	±8,15				90	27	308	0,129	279	1120	62
1СКУО-6-400.180.К	-14.43	3	0,6(6,0)	400	426	7	550	1699	±7,85				90	27	168	0,113	271	1440	63
1СКУО-10-400.180.К	-15.43	3	1,0(10,0)	400	426	7	550	1740	±7,85				90	27	348	0,113	289	1440	64
1СКУО-16-400.180.К	-16.43	3	1,6(16,0)	400	426	7	550	1741	±7,85				90	27	500	0,113	300	1440	65
1СКУО-25-400.180.К	-17.43	3	2,5(25,0)	400	426	7	550	1769	±7,85				90	27	700	0,113	317	1440	66
1СКУО-25-500.180.К	-18.43	3	2,5(25,0)	500	530	8	660	1784	±8,15				90	27	820	0,093	412	2250	67
1СКУО-16-600.180.К	-19.43	3	1,6(16,0)	600	630	8	770	1764	±7,85				90	27	820	0,08	491	3200	68
1СКУО-25-600.180.К	-20.43	3	2,5(25,0)	600	630	8	770	1783	±8,15				90	27	1000	0,08	508	3200	69
1СКУО-25-700.160.К	-21.43	3	2,5(25,0)	700	720	8	886	1757	±7,85				90	24	1000	0,06	665	4350	70
1СКУО-25-800.160.К	-22.43	3	2,5(25,0)	800	820	8	996	1773	±8,15				80	24	1000	0,057	759	5550	71
1СКУО-25-900.170.К	-23.43	3	2,5(25,0)	900	920	10	1101	1739	±7,85				85	25,5	1100	0,045	899	7180	72
1СКУО-25-1000.170.К	-24.43	3	2,5(25,0)	1000	1020	10	1216	1782	±8,15				85	25,5	1420	0,04	1076	8900	73
1СКУО-25-1200.170.К	-25.43	3	2,5(25,0)	1200	1220	14	1421	1782	±8,15				85	25,5	1720	0,04	1402	12500	74

Условное обозначение	Обозначение	Рис.	Условное давление P_N, МПа (кгс/см²)	Диаметр условного прохода D_y, мм	Размеры, мм					Параметры проводимых сред			Характеристики						Код ОКП
					D_1	s	D	L		Наименование	Температура T, К (°С)	Скорость м/с	Амплитуда осевого хода, мм		Жесткость осевая при $p \cdot 0$, C_x, кН/м	Коэффициент гидравлических сопротивлений	Масса, кг	Эффективн. площадь, $S_{эф}$, см²	
								Номин.	Предельн. отклон.				100% режима	30% режим					
2СКУО-25-200.320.К	ВЕИШ.302667.302-01.43	4	2,5(25,0)	200	219	6	340	2482	±13,6				160	48	35	0,115	184	450	3695742875
2СКУО-6-250.320.К	-02.43	4	0,6(6,0)	250	273	7	400	2370	±13,6				160	48	43	0,103	208	690	76
2СКУО-10-250.320.К	-03.43	4	1,0(10,0)	250	273	7	400	2404	±13,6				160	48	60	0,103	218	690	77
2СКУО-16-250.320.К	-04.43	4	1,6(16,0)	250	273	7	400	2476	±13,6				160	48	90	0,103	240	690	78
2СКУО-25-250.320.К	-05.43	4	2,5(25,0)	250	273	7	400	2554	±14,2	Вода	423 (150)	5	160	48	130	0,103	262	690	79
2СКУО-6-300.320.К	-06.43	4	0,6(6,0)	300	325	7	460	2374	±13,6	по			160	48	42	0,087	248	960	80
2СКУО-10-300.320.К	-07.43	4	1,0(10,0)	300	325	7	460	2404	±13,6				160	48	57	0,087	260	960	81
2СКУО-16-300.320.К	-08.43	4	1,6(16,0)	300	325	7	460	2472	±13,6				160	48	93	0,087	285	960	82
2СКУО-25-300.320.К	-09.43	4	2,5(25,0)	300	325	7	460	2480	±13,6				160	48	136	0,087	306	960	83
2СКУО-6-350.340.К	-10.43	4	0,6(6,0)	350	377	7	495	2342	±13,6	Пар	523 (250)	60	170	51	46	0,129	277	1120	84
2СКУО-10-350.360.К	-11.43	4	1,0(10,0)	350	377	7	495	2404	±13,6				180	54	75	0,129	302	1120	85
2СКУО-16-350.360.К	-12.43	4	1,6(16,0)	350	377	7	495	2466	±13,6				180	54	113	0,129	328	1120	86
2СКУО-25-350.360.К	-13.43	4	2,5(25,0)	350	377	7	495	2528	±14,2				180	54	154	0,129	357	1120	87
2СКУО-6-400.360.К	-14.43	4	0,6(6,0)	400	426	7	550	2358	±13,6				180	54	84	0,113	293	1440	88
2СКУО-10-400.360.К	-15.43	4	1,0(10,0)	400	426	7	550	2440	±13,6				180	54	174	0,113	325	1440	89
2СКУО-16-400.360.К	-16.43	4	1,6(16,0)	400	426	7	550	2442	±13,6				180	54	250	0,113	348	1440	90
2СКУО-25-400.360.К	-17.43	4	2,5(25)	400	426	7	550	2498	±13,6				180	54	350	0,113	382	1440	91
2СКУО-25-500.360.К	-18.43	4	2,5(25,0)	500	530	8	660	2528	±14,2				180	54	410	0,093	525	2250	92
2СКУО-16-600.360.К	-19.43	4	1,6(16,0)	600	630	8	770	2488	±13,6				180	54	410	0,080	628	3200	93
2СКУО-25-600.360.К	-20.43	4	2,5(25,0)	600	630	8	770	2526	±14,2				180	54	500	0,080	663	3200	94
2СКУО-25-700.320.К	-21.43	4	2,5(25,0)	700	720	8	886	2474	±13,6				160	48	530	0,06	892	4350	95
2СКУО-25-800.320.К	-22.43	4	2,5(25,0)	800	820	8	936	2506	±14,2				160	48	500	0,057	1025	5650	96
2СКУО-25-900.340.К	-23.43	4	2,5(25,0)	900	920	10	1101	2438	±13,6				170	51	550	0,045	1210	7180	97
2СКУО-25-1000.340.К	-24.43	4	2,5(25,0)	1000	1020	10	1216	2524	±14,2				170	51	710	0,04	1493	8900	98
2СКУО-25-1200.340.К	-25.43	4	2,5(25,0)	1200	1220	14	1421	2524	±14,2				170	51	860	0,04	1915	12560	99

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

СТАРТОВЫЕ СИЛЬФОННЫЕ КОМПЕНСАТОРЫ

НФКП.302667.309-0141 ТУ



1 - сильфон; 2 - патрубок; 3 - фланец; 4 - кожух

Чертеж - 1

Обозначения, параметры и технические характеристики сильфонных компенсаторов

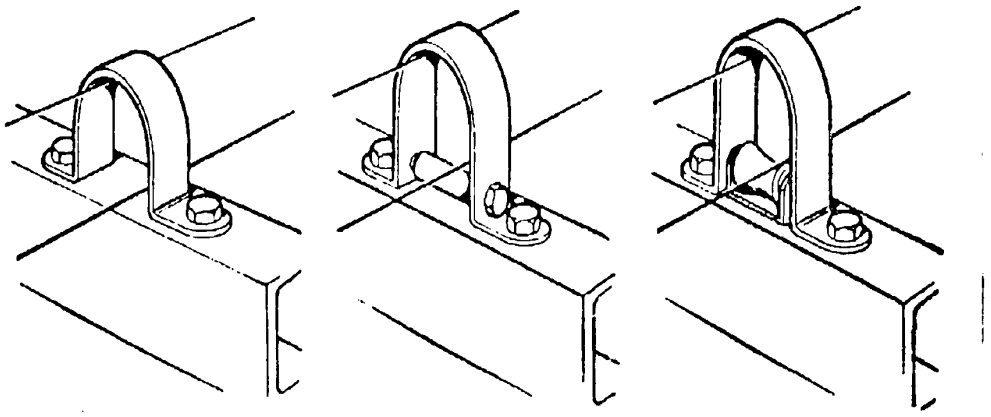
Таблица 1

Условное обозначение	Обозначение	Ду, мм	Присоедин. размеры		Габаритные размеры		Осевой ход, сжатие, мм	Осевое усилие, F, (кгс)	Жесткость осевого хода, C, (кгс/см)	Эффективная площадь, Sэф, $см^2$	Масса, Q, кг	Катет сварного шва, K, мм
			d, мм	S,мм	D, мм	L, мм						
СК-25-125.110	НФКП.302667.309-01.43	125	133	5	168	450	110	20900	477	201	11	6.5
СК-25-150.110	-02.43	150	159	6	196	550	110	30000	335	279	22	7.0
СК-25-200.140	-03.43	200	219	6	257	550	140	41300	324	448	29	7.0
СК-25-250.140	-04.43	250	273	7	337	550	140	60000	527	684	53	8.0
СК-25-300.140	-05.43	300	325	7	396	550	140	71500	525	958	61	8.0
СК-25-400.140	-06.43	400	426	7	492	550	140	93700	872	1442	76	8.0
СК-25-500.170	-07.43	500	530	8	617	650	170	133200	780	2240	137	10.0
СК-25-600.170	-08.43	600	630	8	725	650	170	158400	989	3197	158	10.0
СК-25-700.170	-09.43	700	720	8	822	650	170	181000	947	4318	199	10.0
СК-25-800.170	-10.43	800	820	8	923	650	170	206100	1188	5615	232	10.0
СК-25-900.170	-11.43	900	920	10	1034	650	170	289000	1382	7173	303	12.0

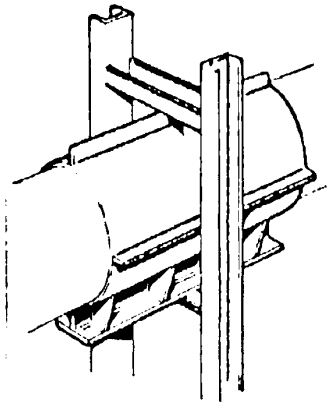
Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. и дата

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

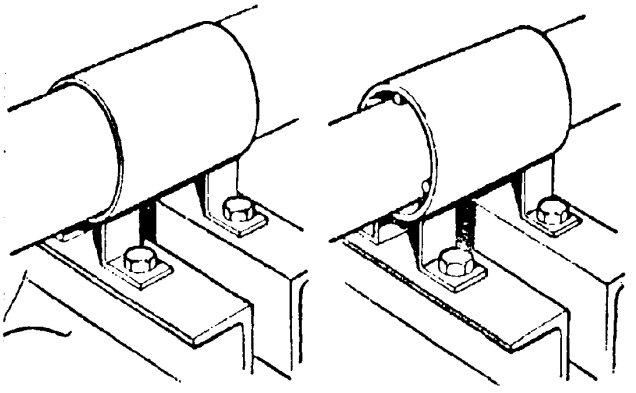
Типичные направляющие, применяемые в установках с осевыми компенсаторами



Полосовые направляющие с валиками и без них

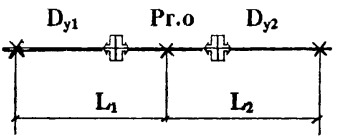
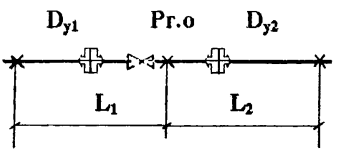
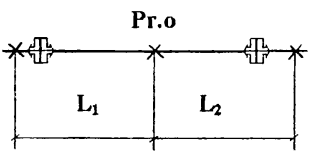
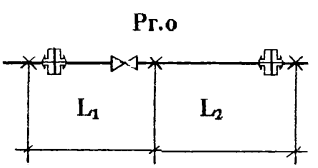


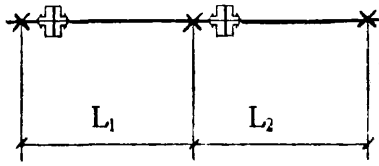
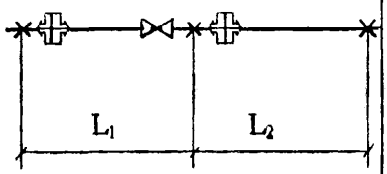
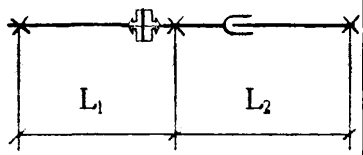
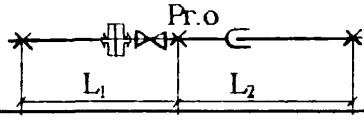
Тяжело нагруженная направляющая рамочного типа



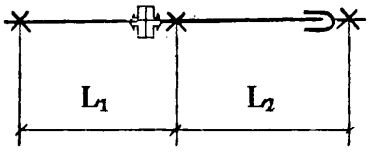
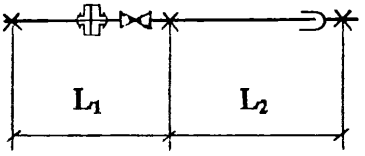
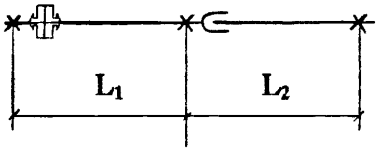
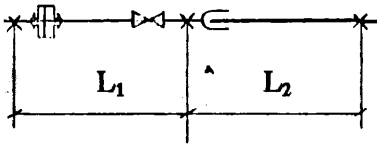
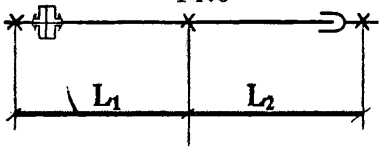
Трубообразные направляющие с дистанционными вкладышами и без них

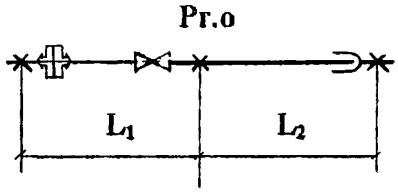
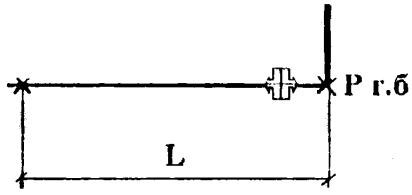
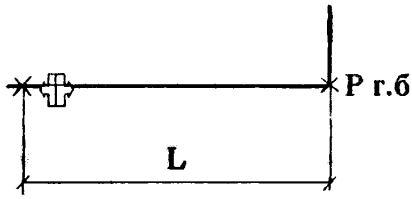
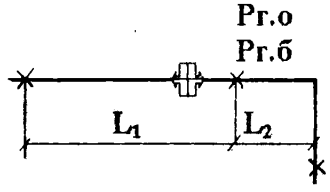
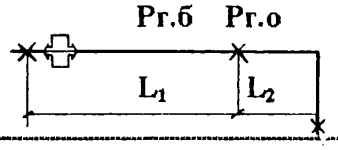
Расчетные формулы для определения суммарных горизонтальных нормативных нагрузок на неподвижные опоры труб (Р г.о, Рг.б)

Схема расчетного участка трубопровода	Расчетные формулы
1	2
	$D_{y1} > D_{y2}$ $Рг.о = 1,3\ P_{ж1} - 0,7\ P_{ж2} + (P_{p1} - P_{p2})$ $D_{y1} = D_{y2}$ $Рг.о = 0,6\ P_{ж}$
	$Рг.о = 1,3\ P_{ж1} + P_{p1}$ $Рг.о = 1,3\ P_{ж2} + P_{p2}$
	$D_{y1} > D_{y2}$ $Рг.о = (1,3\ P_{ж1} + P_{тр1}) - 0,7(P_{ж2} + P_{тр2}) + (P_{p1} - P_{p2})$ $Рг.о = (1,3\ P_{ж1} + P_{тр2}) - 0,7(P_{ж2} + P_{тр1}) + (P_{p1} - P_{p2})$ $D_{y1} = D_{y2}$ $Рг.о = 0,6\ P_{ж} + 0,3 P_{тр}$ $L_1 = L_2$
	$Рг.о = 1,3\ P_{ж1} + P_{тр1} + P_{p1}$ $Рг.о = 1,3\ P_{ж2} + P_{тр2} + P_{p2}$

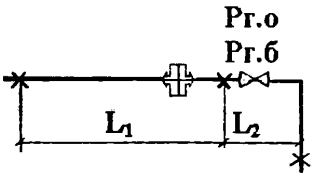
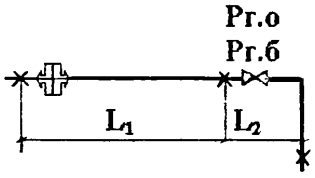
1	2
Р г.о  	$D_{y1} > D_{y2}$ $Рг.о = (1,3 P_{ж1} + P_{тр1}) - 0,7 P_{ж2} + + (P_{p1} - P_{p2})$ $D_{y1} = D_{y2}$ $Рг.о = 0,6 P_{ж} + P_{тр}$
Р г.о  	$Рг.о = 1,3 P_{ж1} + P_{тр1} + P_{p1}$ $Рг.о = 1,3 P_{ж2} + P_{p2}$
Рг.о  	$Рг.о = 1,3 P_{ж1} + P_{рв} + P_{тр}^{с}$
Рг.о  	$Рг.о = 1,3 P_{ж1} + P_{p1}$ $Рг.о = P_{тр}^{с} + P_{вд}$

80

1	2
Рг.о 	$Рг.о = 1,3Р_{ж1} + Р_{рв} + Р_{тр2} + Р_{тр}^{с}$
Рг.о 	$Рг.о = 1,3Р_{ж1} + Р_{р1}$ $Рг.о = Р_{вд} + Р_{тр2} + Р_{тр}^{с}$
Рг.о 	$Рг.о = 1,3Р_{ж1} + Р_{рв} + Р_{тр1} + Р_{тр}^{с}$
Рг.о 	$Рг.о = 1,3Р_{ж1} + Р_{р1} + Р_{тр1}$ $Рг.о = Р_{вд} + Р_{тр}^{с}$
Рг.о 	$Рг.о = 1,3Р_{ж1} + Р_{рв} + Р_{тр1} -$ $- 0,7 (Р_{тр2} + Р_{тр}^{с})$ $Рг.о = 1,3Р_{ж1} + Р_{рб} + Р_{тр2} -$ $0,7Р_{тр1} + Р_{тр}^{с}$

1	2
	Рг.о= 1,3$P_{ж1}$ + $P_{р1}$ + $P_{тр1}$ Рг.о = $P_{вд}$ + $P_{тр2}$ + $P_{тр}$ [с]
	Рг.б= 1,3$P_{ж}$ + $P_{р}$
	Рг.б = 1,3$P_{ж1}$ + $P_{р}$ + $P_{тр2}$
	Рг.о = 1,3$P_{ж1}$ + $P_{тр2}$ + $P_{р1}$ – 0,7$P_{х}$ Рг.б = $P_{у}$
	Рг.о = 1,3$P_{ж1}$ + $P_{тр1}$ + $P_{р1}$ – - 0,7 ($P_{тр2}$ + $P_{х}$) Рг.о= 1,3$P_{ж1}$ + $P_{тр2}$ + $P_{р1}$ – 0,7($P_{тр1}$ + $P_{х}$) Рг.б = $P_{у}$

82

1	2
	$Рг.о = 1{,}3Р_{ж1} + Р_{р1}$ $Рг.о = Р_{тр2} + Р_{х}$ $Рг.б = Р_{у}$
	$Рг.о = 1{,}3Р_{ж1} + Р_{тр1} + Р_{р1}$ $Рг.о = Р_{тр2} + Р_{х}$ $Рг.б = Р_{у}$

Примечание : При нескольких расчетных формулах для одной схемы
В качестве расчетной нагрузки принимают большую.

gost.e-ecolog.ru