

**Выполнение требований ГОСТ 32935-2014 и РД-3-ВЭП-2011  
– гарантия качественной работы сильфонных компенсаторов в  
тепловых сетях**

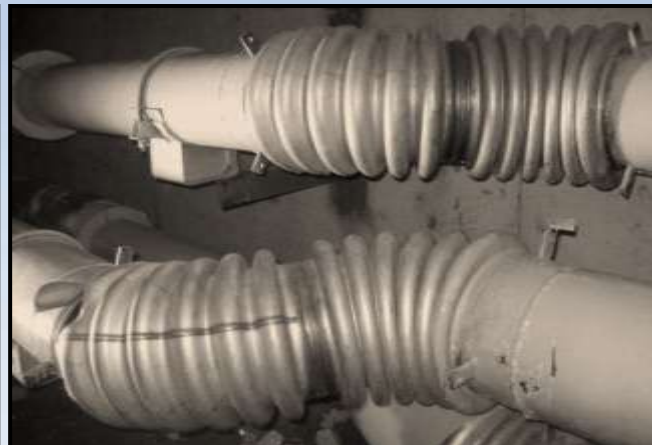
*Докладчик – Поляков Валерий Леонтьевич,  
Главный конструктор АО «НПП «Компенсатор»*

# Опытная эксплуатация эксплуатации сильфонных компенсаторов в тепловых сетях

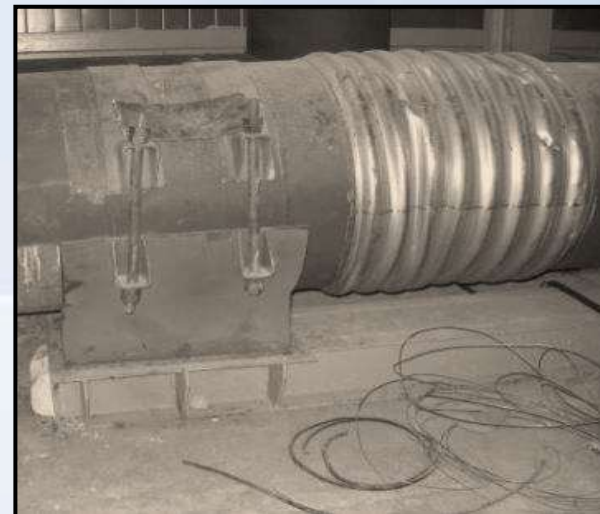


В целях выполнения Решения Совета Министров СССР от 07.07.1979 г. «О мерах по сокращению потерь тепла в зданиях жилищно-гражданского и производственного назначения и тепловых сетях» в 1981 году началась опытно-промышленная эксплуатация сильфонных компенсаторов в тепловых сетях Ленинграда. Было установлено около 400 сильфонных компенсаторов диаметром 300 – 500 мм, изготовленных по лицензионной документации. Большая часть из них потеряли устойчивость в начале эксплуатации из-за неправильной установки направляющих опор (или их отсутствия вообще) и просадки грунта. Были случаи сверхдопустимого растяжения сильфона из-за разрушения, смещения или отсутствия неподвижных опор на участке трубопровода, где установлен осевой сильфонный компенсатор.

# Основные причины выхода из строя сифонных компенсаторов



**Потеря устойчивости из-за неправильной установки направляющих опор (или их отсутствия вообще) и просадки грунта**



**Сверхдопустимое растяжение сиффона из-за разрушения, смещения или отсутствия неподвижных опор на участке трубопровода, где установлен осевой сиффонный компенсатор.**

# 35-летний опыт эксплуатации сильфонных компенсаторов в тепловых сетях



*Компенсаторы перед монтажом. 1988г.*



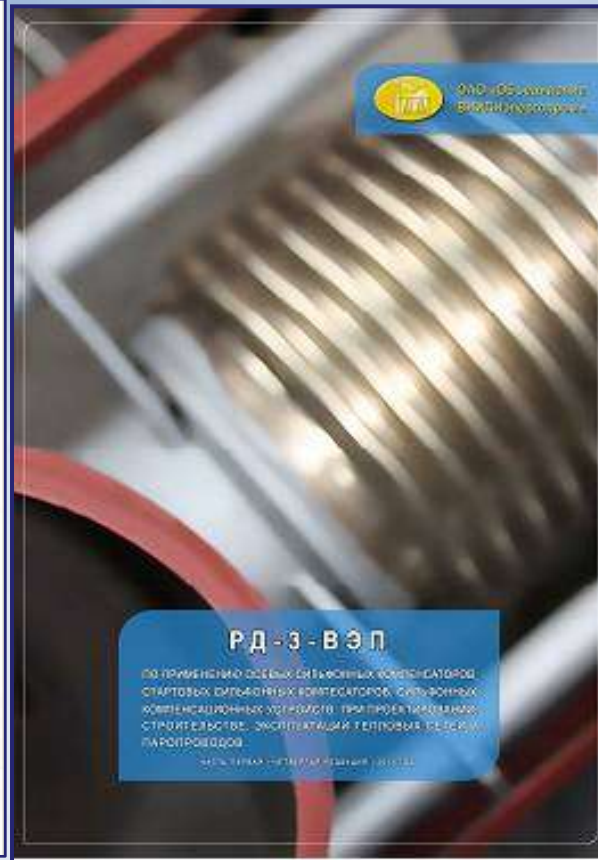
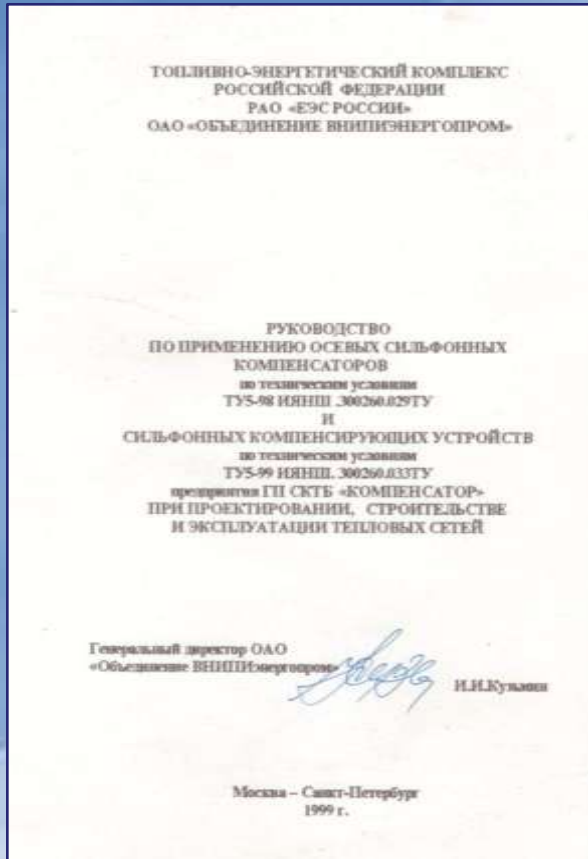
*Компенсатор после демонтажа трубопровода. 2008г.*

В 1982 году СКТБ «Компенсатор» закончило разработку сильфонных компенсаторов применительно к условиям и режимам эксплуатации тепловых сетей при качественном регулировании отпуска тепловой энергии и начало серийные поставки сильфонных компенсаторов в тепловые сети.

С 1983 по 2008 год в тепловых сетях ГУП «ТЭК СПб» было установлено 13360 сильфонных компенсаторов, а на сегодняшний день – свыше 20000 шт.

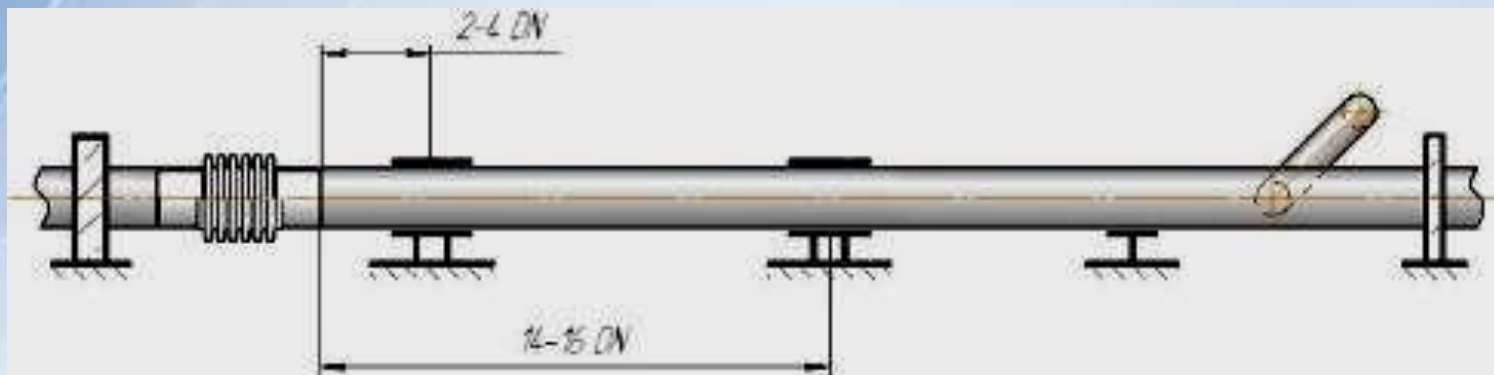
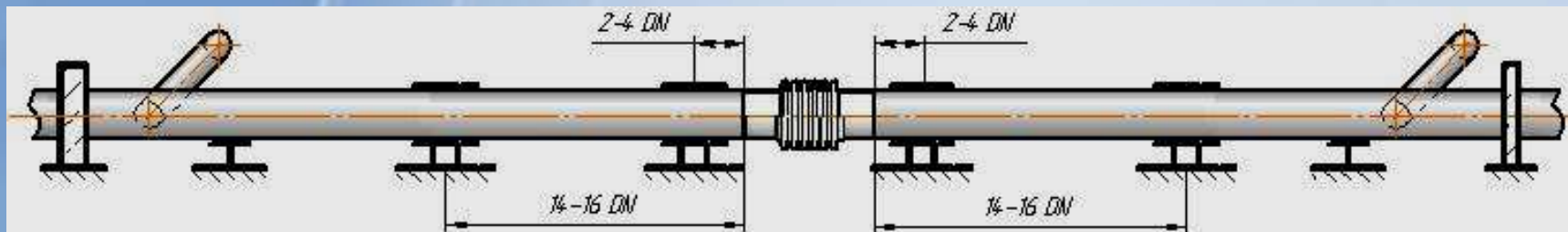
АО «НПП «Компенсатор» постоянно совершенствует конструкцию сильфонных компенсаторов и технологию их изготовления с целью повышения надежности их работы, качества и снижения себестоимости.

# Руководящий документ по применению сильфонных компенсаторов



Специалистами ОАО «Объединение ВНИПИЭНЕРГОПРОМ» в 1999 году был разработан «Руководящий документ РД-3-ВЭП (последняя редакция 2011 года) по применению сильфонных компенсаторов и сильфонных компенсационных устройств при проектировании, строительстве и эксплуатации тепловых сетей», в котором даны рекомендации по применению в тепловых сетях всех типов сильфонных компенсаторов и компенсационных устройств.

## Руководящий документ по применению сильфонных компенсаторов



При применении компенсаторов на тепловодах при подземной прокладке в каналах, туннелях, камерах, при наземной прокладке и в помещениях компенсаторы могут устанавливаться в любом месте прямолинейного участка тепловода между двумя его концевыми или промежуточными неподвижными опорами. При этом обязательна установка направляющих опор

# Руководящий документ по применению сильфонных компенсаторов

## Требования к концевым неподвижным опорам



Неподвижные концевые опоры теплопровода должны быть прочными при действии распорных усилий  $F_{пр}$ ,  $F_p$ , рассчитываемых по формулам:

$$F_{пр} = 1,25 \cdot P_p \cdot S_{эф}, \text{ кгс}; \quad F_p = P_p \cdot S_{эф} + C_\lambda \cdot \lambda_{-1} + F_{тр}, \text{ кгс},$$

где:  $P_p$  - максимальное рабочее давление среды при эксплуатации теплопровода, кгс/см<sup>2</sup>;

$S_{эф}$  - эффективная площадь компенсатора, см<sup>2</sup>.

# Руководящий документ по применению сильфонных компенсаторов

## Требования к направляющим опорам



Гарантированный зазор между направляющей и трубопроводом в рабочем состоянии должен составлять не более 1+1 мм на сторону.

Длина направляющих опор должна быть не менее 2DN.



# Руководящий документ по применению сильфонных компенсаторов

## Требования по монтажу компенсаторов



После проведения испытаний трубопровода (без установленного СК) на прочность и герметичность из смонтированного на опорах трубопровода в месте, указанном в проекте, необходимо вырезать участок (“катушку”), длина которого равна длине  $L_{\text{МОНТ}}$ , которая должна быть указана в проекте. На место “катушки” необходимо установить компенсатор, соблюдая соосность трубопровода, и приварить его к одному из концов трубопровода.

## Руководящий документ по применению сильфонных компенсаторов Требования по предварительной растяжки компенсаторов

Стяжное устройство



Сильфонные компенсаторы и сильфонные компенсационные устройства поставляются в нейтральном состоянии и для использования их максимальной компенсирующей способности при монтаже их необходимо растянуть с помощью монтажных приспособлений, после чего произвести их состыковку (сварку) со свободным концом трубы.

Длина растянутого СК или SKU,  $L_{\text{МОНТ}}$ , рассчитывается по формуле:

$$L_{\text{МОНТ}} = L_0 + \alpha \cdot L [0.5 \cdot (t_{\text{max}} + t_{\text{min}}) - t_{\text{МОНТ}}], \text{ мм},$$

где:  $L_0$  - длина SKU в состоянии поставки, приведенная в паспорте, мм;

$t_{\text{МОНТ}}$  - температура теплопровода при монтаже, °С.

## Возникновение нештатных ситуаций с компенсаторами



При применении сильфонных компенсаторов, прошедших весь необходимый цикл испытаний при их производстве, а также при соблюдении всех правил РД-3-ВЭП случаи выхода из строя сильфонных компенсаторов стали единичными. В основном эти случаи связаны с непредвиденными внешними факторами воздействия на сильфонный компенсатор при его эксплуатации. На основании анализа воздействия непредвиденных внешних факторов, приведших к выходу из строя сильфонных компенсаторов, оперативно проводилась корректировка документации с целью недопущения повторения аварии.

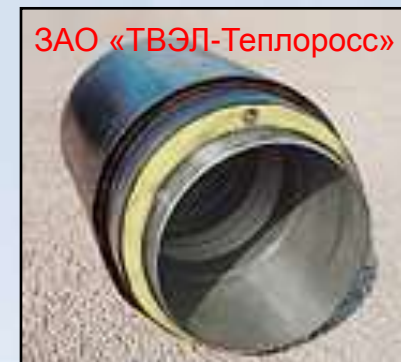
## Циклические испытания сильфонных компенсаторов зарубежного производства на режимах тепловой сети



С начала 2000-х годов на российском рынке появились предприятия, покупающие сильфонные компенсаторы за границей и изготавливающие из них компенсационные устройства, внешне похожие на продукцию нашего предприятия, но не всегда с подтвержденными техническими характеристиками.

*Потеря устойчивости сильфона зарубежной фирмы при его растяжении под действием рабочего давления во время циклических испытаний*

# Предварительно изолированные компенсаторы



Теплогидроизолированные сильфонные компенсаторы изготавливались на заводах, выполняющих пенополиуретановую тепловую изоляцию труб и фасонных изделий, из компенсаторов, закупленных у различных производителей, причем, каждый завод предлагал свою конструкцию теплогидроизолированного сильфонного компенсатора.

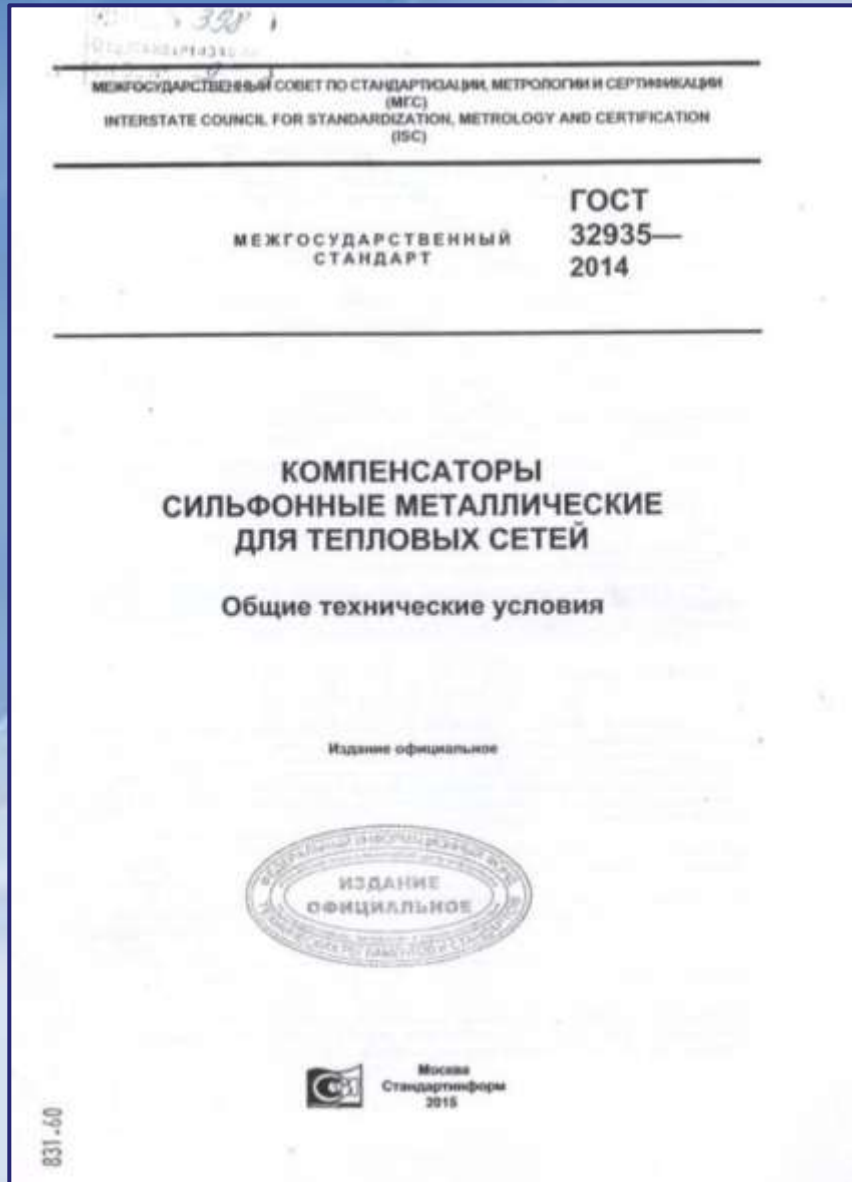
# Особенности конструкции и “качество” изготовления предизолированных СКУ



# Результаты испытаний предизолированных СКУ



# Разработка межгосударственного стандарта на сильфонные компенсаторы для тепловых сетей



Учитывая возросший рынок, а также требование ФЗ-190 «О теплоснабжении» о 10-летнем гарантийном сроке эксплуатации сильфонных компенсаторов появилась необходимость узаконить требования к сильфонным компенсаторам, применяемым в тепловых сетях. Техническим комитетом № 259 «Трубопроводная арматура и сильфоны» и специалистами АО «НПП «Компенсатор», при непосредственном участии специалистов Некоммерческого партнерства «Российское теплоснабжение» и ООО «Белэнергомаш – БЗЭМ» был разработан и с 01.09.2015 г. внедрен межгосударственный стандарт ГОСТ 32935-2014 «Компенсаторы сильфонные металлические для тепловых сетей. Общие технические условия».



## Основные положения ГОСТ 32935-2014

### Показатели надежности и показатели безопасности компенсаторов

Назначенный срок службы – 30 лет;

Вероятность безотказной работы для назначенной наработки – 0,95;

Полная назначенная наработка при циклических перемещениях под действием осевого усилия и внутреннего давления суммируется по трем условным режимам эксплуатации:

- 1) **Аварийного режима:** компенсация деформаций трубопровода при изменении температуры от расчетной температуры наружного воздуха для проектирования отопления до максимальной расчетной температуры теплоносителя – **10 циклов** с максимальными амплитудами;
- 2) **Пускового режима:** компенсация деформаций трубопровода при изменении температуры от минимальной до максимальной расчетной температуры теплоносителя – **150 циклов** с амплитудами, равными 70% от максимальных;
- 3) **Эксплуатационного режима:** компенсация деформаций трубопровода при изменении температуры теплоносителя  $\pm 20^\circ$  от средней эксплуатационной – **10000 циклов** с амплитудами, равными 20% от максимальных.

# Основные требования ГОСТ 32935-2014

## Стойкость материала к хлоридной коррозии



Материалы сильфонов должны обеспечивать работоспособность компенсаторов и компенсационных устройств в пределах назначенного срока службы и наработки при эксплуатации на теплоносителе с предельным содержанием хлор-ионов до 250 мг/л при температуре до 150 °С



## Основные требования ГОСТ 32935-2014

### Стойкость материала к межкристаллитной коррозии

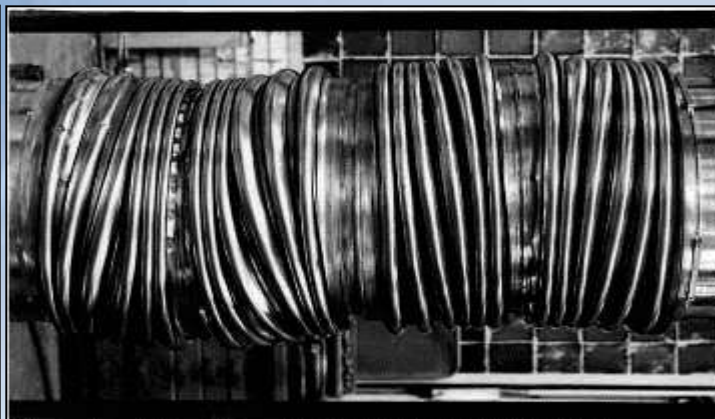
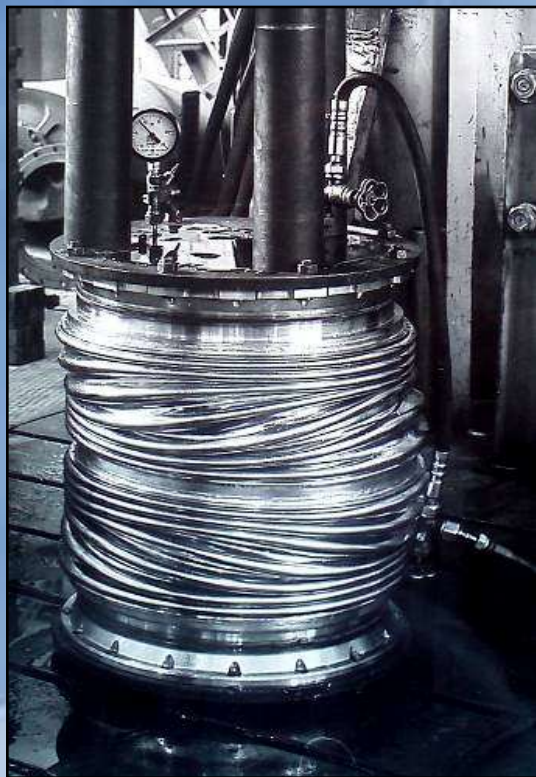


Материалы сильфонов должны быть испытаны на стойкость к межкристаллитной коррозии по ГОСТ 6032-2003 при провоцирующем нагреве.

Применение нержавеющей стали типа 08X18H10 и 12X18H9 без содержания титановой фазы не допускается.

# Основные требования ГОСТ 32935-2014

## Испытания на прочность и герметичность



Испытания компенсаторов и устройств на прочность должны проводиться гидравлическим давлением  $P_{пр} = 1,25PN$  в соответствии с ГОСТ 28697-90. Разрушения или потери устойчивости компенсатора не допускается.

Также в ГОСТ 32935-2014 приведены требования по пороговой чувствительности систем контроля герметичности.

## Основные требования ГОСТ 32935-2014 Испытания на термостойкость



100% изготавливаемых сильфонных компенсаторов после гидравлических испытаний должны проходить проверку на термостойкость методом контрольного прогрева выдержкой в печи, разогретой до 250...300 °С, не менее 1 часа.

## Основные требования ГОСТ 32935-2014

### Испытания по подтверждению вероятности безотказной работы



Испытания сильфонных компенсаторов по подтверждению вероятности безотказной работы по циклической наработке должны в соответствии с требованиями ГОСТ 28697-90 при постоянном гидравлическом давлении  $P_{исп.} = P_N$ .

## Основные требования ГОСТ 32935-2014

### Испытания по подтверждению вероятности безотказной работы



Испытания допускается проводить на эквивалентном режиме с величиной полного рабочего хода, равной 70% от максимального. Значения наработки для эквивалентного режима – 1000 циклов

## Основные требования ГОСТ 32935-2014

### Испытания по подтверждению вероятности безотказной работы теплогидроизолированных компенсационных устройств



При испытаниях по подтверждению вероятности безотказной работы для имитации реальных условий эксплуатации испытываемые образцы теплогидроизолированных компенсационных устройств для трубопроводов тепловых сетей бесканальной прокладки должны погружаться в воду.



# Причины аварий сильфонных компенсаторов различных поставщиков



В последние годы количество поставщиков сильфонных компенсаторов в России выросло. Это филиалы и представительства зарубежных фирм, предприятия, изготавливающие сильфонные компенсационные устройства из зарубежных компенсаторов с не всегда подтвержденными техническими характеристиками, а также появились предприятия, закупившие за рубежом оборудование для механического формования сильфонов и сварки компенсаторов. Как правило, такие предприятия не имеют необходимого оборудования для проведения всего комплекса контроля качества сильфонных компенсаторов в соответствии с требованиями ГОСТ 32935-2014.

Продукция таких поставщиков сильфонных компенсаторов, как правило, значительно дешевле, чем продукция заводов-производителей, выполняющих все требования ГОСТ 32935-2014. Но эта продукция не может гарантировать соответствие фактических значений технических характеристик компенсаторов, указанных в паспорте, требованиям ГОСТ 32935-2014. И в продукции таких поставщиков не могут быть учтены все усовершенствования конструкции компенсаторов, исключающие возможность непредвиденной аварии.

# Причины аварий сифонных компенсаторов различных поставщиков



Механическая формовка сифонов металлическими кулачками с последующей раскаткой металлическими роликами приводит к утонению металла на вершинах и появлению наклепа на внутренней поверхности вершин и во впадинах гофров, что снижает вероятность безопасной работы по циклической наработке

## Причины аварий сильфонных компенсаторов различных поставщиков



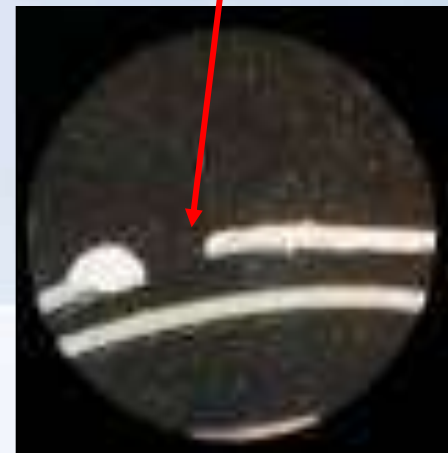
Сварной шов приварки многослойного сильфона к патрубкам, не соответствующий требованиям ОСТ 5Р.9798-80 и ОСТ 5Р.95061-89, может привести к межслойной негерметичности сильфона и последующему его разрыву.

## Для сравнения



Сварной шов приварки многослойного сильфона к патрубкам, выполненный аргонодуговой электросваркой неплавящимся электродом в соответствии с требованиями ОСТ 5Р.9798-80 и ОСТ 5Р.95061-89.

## Причины аварий сильфонных компенсаторов различных поставщиков



Попадание брызг расплавленного металла на гофры сильфона при сварке компенсаторов приводит к межслойной негерметичности сильфонов и последующему их вздутию и разрыву.

## Причины аварий сильфонных компенсаторов различных поставщиков



Сильфоны, изготовленные из материалов, не предусмотренных ГОСТ 32935-2014, склонны к появлению межкристаллитной или хлоридной коррозии через 3 – 5 лет эксплуатации в тепловой сети.

# Причины аварий сильфонных компенсаторов различных поставщиков



Применение сильфонных компенсаторов, не подвергавшихся испытаниям на термостойкость при изготовлении.

При наличии микротрещины или непровара внутреннего слоя сильфона межслойное пространство заполнится сетевой водой под действием внутреннего давления, а при повышении температуры теплоносителя выше температуры кипения, вода, находящаяся в межслойном пространстве, резко испарившись, может разорвать сильфон.

# Причины аварий сильфонных компенсаторов различных поставщиков



## Недостаточная изгибная жесткость конструкции сильфонного компенсационного устройства



Конструкции компенсационных устройств должны обеспечивать защиту сильфонов от поперечных усилий и изгибающих моментов, возникающих при возможных прогибах трубопровода из-за просадки грунта или направляющих опор, а также при погрузочно-разгрузочных работах и монтаже.



# Причины аварий сильфонных компенсаторов различных поставщиков



## Применение сильфонов с неподтвержденными техническими характеристиками



г. Стерлитамак, август 2016 г. Во время опрессовки трубопровода при достижении давления  $20 \text{ кгс/см}^2$  12 шт. сильфонных компенсаторов DN1000, PN 25 потеряли устойчивость. Причина – при изготовлении компенсаторов использовались сильфоны, не рассчитанные на заявленное давление, и вызывает сомнение факт проведения приемо-сдаточных испытаний.

# Причины аварий сильфонных компенсаторов различных поставщиков



## Аварии стартового СК



г. Петропавловск (Казахстан), 2013 , 2015 и 2016 г.г.

Детали стартового сильфонного компенсатора не были рассчитаны на прочность при действии изгибающего момента, возникающего от действия распорного усилия от давления среды после обварки кожухов.

# Причины аварий сильфонных компенсаторов различных поставщиков



## Применение сильфонов с неподтвержденными техническими характеристиками



г. Курган, июль 2016 г. Во время опрессовки трубопровода при достижении давления  $18 \text{ кгс/см}^2$  12 шт. сильфонных компенсаторов DN700, PN 16 потеряли устойчивость. Причина – при изготовлении компенсаторов использовались сильфоны, не рассчитанные на заявленное давление, и вызывает сомнение факт проведения приемо-сдаточных испытаний.

# Причины аварий сильфонных компенсаторов различных поставщиков



## Применение сильфонов с неподтвержденными техническими характеристиками



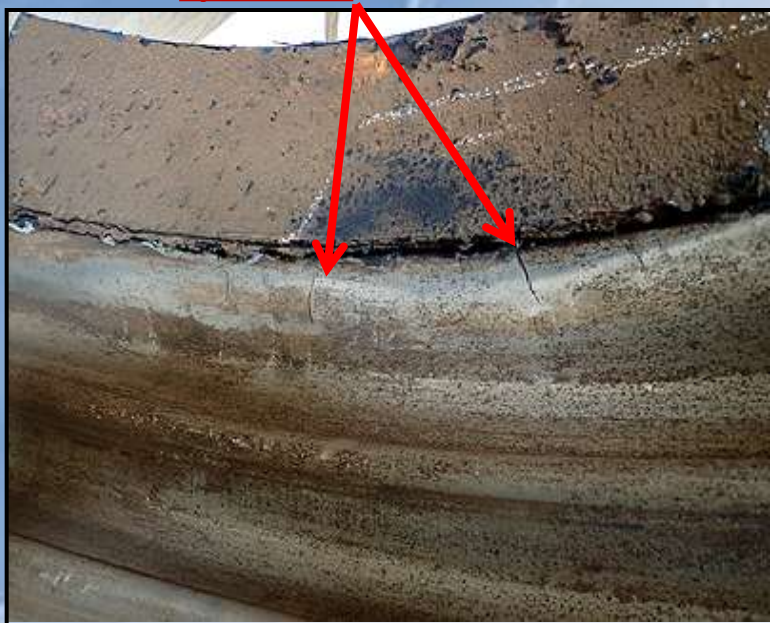
г. Оренбург, июль 2016 г. Во время опрессовки трубопровода при достижении давления  $14,5 \text{ кгс/см}^2$  произошел разрыв сильфона компенсатора DN800, PN 25. Причина – при изготовлении компенсаторов использовались сильфоны, не рассчитанные на заявленное давление, и вызывает сомнение факт проведения приемо-сдаточных испытаний.

# Причины аварий сальфонных компенсаторов различных поставщиков



## Применение сальфонов с неподтвержденными техническими характеристиками из материалов, склонных к МКК

Трещины



По результатам проведенного химического анализа установлено: марка стали сальфонов соответствует требованию ГОСТ 5632-72 для стали марки 12Х18Н9. Данная марка стали не соответствует марке стали заявленной в паспорте – 12Х18Н10Т. При визуальном осмотре видно, что разрушение металла носит вязкий характер, сопровождающийся плавным утонением металла до 0,7мм. Вблизи разрушения толщина металла обоих слоев гофры составляет 1мм. Металл сальфона покрыт коррозионным налетом. Сетка поперечных трещин расположена по телу сальфона вблизи сварного соединения с патрубком. Протяженность трещин составляет от 5 до 30мм. Толщина металла обоих слоев гофры составляет 1мм.

# Причины аварий сифонных компенсаторов различных поставщиков



## Применение сифонов с неподтвержденными техническими характеристиками



г. Иркутск 2016 г. Разрыв сифона компенсатора. Причина – при изготовлении компенсаторов использовались сифоны, не рассчитанные на заявленное давление, и вызывает сомнение факт проведения прямо-сдаточных испытаний.

# Причины аварий сильфонных компенсаторов различных поставщиков



## Некачественная сварка сильфона с патрубком



*г. Пермь, 2009 г.*



*г. Иркутск, 2009 и 2016 гг.*

Отрыв сильфона от патрубка из-за применения типа сварного шва, не предусмотренного типовым технологическим процессом изготовления сильфонных компенсаторов в соответствии с ОСТ 5Р.9798-80

# Выполнение требований ГОСТ 32935-2014 и РД-3-ВЭП-2011 – гарантия качественной работы сильфонных компенсаторов в тепловых сетях



В целях обеспечения надежной работы тепловой сети в течение всего срока ее эксплуатации теплоснабжающим организациям рекомендуется осуществлять контроль закупок сильфонных компенсаторов на соответствие требованиям ГОСТ 32935-2014, а также, чтобы проектная документация, строительство, испытания и эксплуатация тепловой сети с применением сильфонных компенсаторов соответствовали требованиям РД-3-ВЭП-2011.





Акционерное общество

«Научно-производственное предприятие  
«КОМПЕНСАТОР»

Корабельная ул., д. 6  
Санкт-Петербург, Россия, 198096

Тел. +7 (812) 784 16 69

Факс: +7 (812) 784 97 30

E-mail: [mail@kompensator.ru](mailto:mail@kompensator.ru)

[www.kompensator.ru](http://www.kompensator.ru)

**Спасибо за внимание!**

*Главный конструктор проектов по тепловым сетям*

***Поляков Валерий Леонтьевич***

*Тел. +7 (812) 784 96 96*

*E-mail: [V.polyakov@kompensator.ru](mailto:V.polyakov@kompensator.ru)*