

Опыт применения осевых сильфонных компенсаторов в тепловых сетях

Логунов В.В., заместитель генерального директора, Поляков В.Л., главный конструктор проектов по теплосетям, ОАО «НПП «Компенсатор»; Слепченко В.С., начальник отдела технического анализа, ГУП «ТЭК СПб», г. Санкт-Петербург

Показана возможность снижения потерь тепловой энергии и затрат при строительстве и эксплуатации тепловых сетей за счет применения осевых сильфонных компенсаторов для компенсации температурных деформаций теплопроводов.

Введение

Для компенсации температурных деформаций трубопроводов в тепловых сетях г. Санкт-Петербурга до начала 1980-х гг. применялись сальниковые, П-, S- и Г-образные компенсаторы, а во многих регионах России они применяются до сих пор. Каждому из этих компенсаторов свойственны отдельные серьезные недостатки.

Наиболее сложными в эксплуатации и монтаже являются сальниковые компенсаторы. Они требуют постоянного обслуживания, связанного с периодической подтяжкой уплотнения и заменой уплотнительного материала. При подземной прокладке теплопроводов установка сальниковых компенсаторов требует строительства дорогостоящих камер.

Длительная практика эксплуатации сальниковых компенсаторов показала, что даже при наличии регулярного их обслуживания имеют место протечки теплоносителя. При большой протяженности тепловых сетей суммарная величина затрат на пополнение и нагрев теплоносителя может достигать достаточно больших значений.

Для П-образных компенсаторов характерны большие габариты, увеличение зон отчуждения дорогостоящей городской земли, необходимость строительства дополнительных направляющих опор, а при подземной прокладке - специальных камер (что довольно затруднительно в городских условиях). Да и стоимость П-образных компенсаторов, особенно больших диаметров, достаточно высока.

В целях повышения надежности теплоснабжения, снижения капитальных вложений, потерь, связанных с утечками, и эксплуатационных расходов в начале 1980-х гг. специалисты ведущих Ленинградских проектных институтов рассмотрели возможность применения сильфонных компенсаторов (СК) в тепловых сетях вместо П-образных и сальниковых компенсаторов и с 1981 г. в ГУП «ТЭК СПб» при проведении капитального ремонта и строительства тепловых сетей началась установка осевых СК.

Типы сильфонных компенсаторов, конструкция и особенности их эксплуатации

Осевые сильфонные компенсаторы. Компенсаторы типа ОПКР (рис. 1а) разработаны для замены сальниковых компенсаторов и предназначены, как и компенсаторы типа КСО (рис. 1 б), для наземной и канальной прокладок теплопроводов с тепловой изоляцией из минеральной ваты.

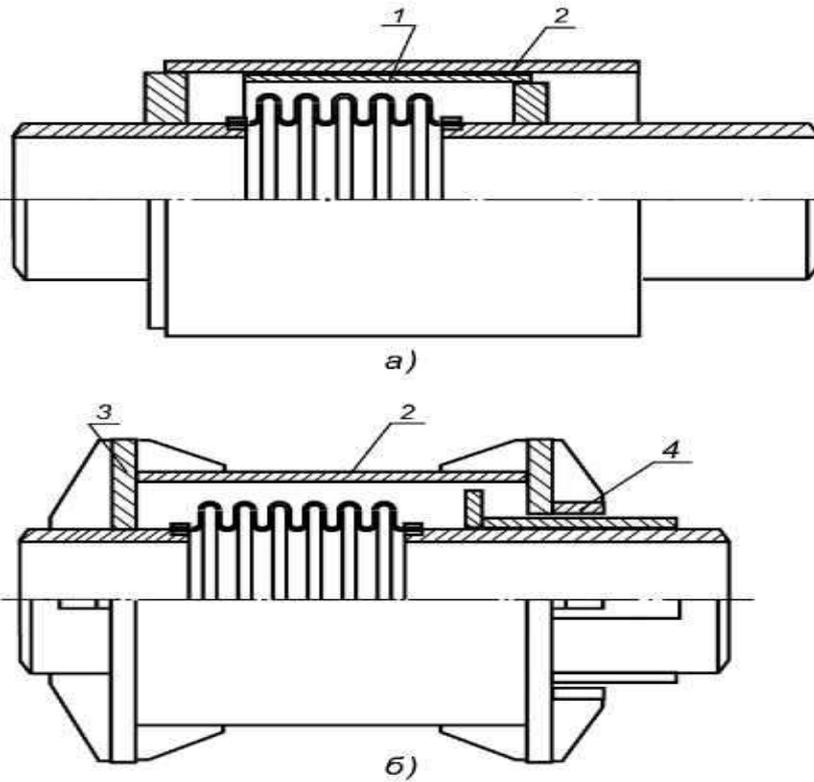


Рис. 1. Осевые сильфонные компенсаторы для наземной и канальной прокладок теплопроводов с тепловой изоляцией из минеральной ваты:
 а – типа ОПКР; б – типа КСО; 1 – направляющая опора; 2 – кожух; 3 – фланец опорный; 4 – направляющая.

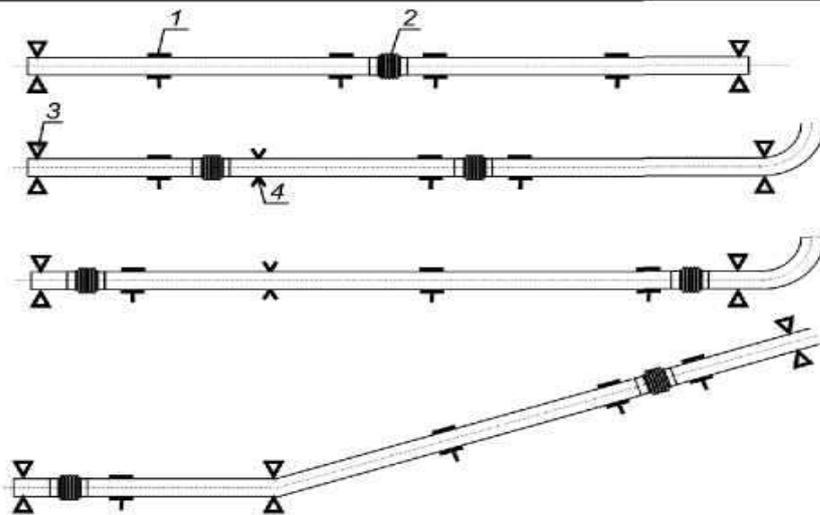


Рис. 2. Примеры установки осевых сильфонных компенсаторов при наземной и канальной прокладках трубопроводов тепловых сетей:
 1 – направляющая опора; 2 – сильфонный компенсатор; 3 – неподвижная концевая опора; 4 – неподвижная промежуточная опора.

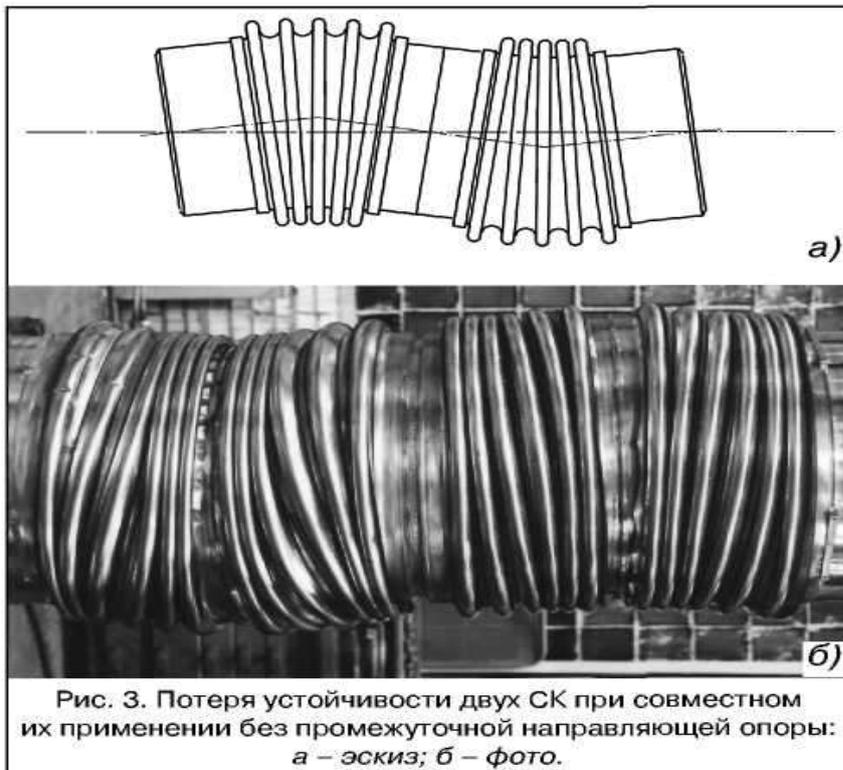


Рис. 3. Потеря устойчивости двух СК при совместном их применении без промежуточной направляющей опоры: а – эскиз; б – фото.



Рис. 4. Коррозия сильфона.

При подземной прокладке теплопроводов в каналах, туннелях, камерах, а также при надземной прокладке и в помещениях, СК могут устанавливаться на прямолинейных участках теплопровода в любом месте между двумя неподвижными опорами (концевыми или промежуточными), при этом не должно быть препятствий для возможных перемещений кожуха вместе с частью теплопровода. Между двумя неподвижными опорами допускается размещать только один СК.

При монтаже и эксплуатации осевых СК не допускается нагружать их поперечными усилиями, изгибающим и крутящим моментами, а также весом присоединяемых участков труб и фасонных изделий. С этой целью при монтаже осевых СК обязательна установка направляющих опор. Первая пара направляющих опор должна устанавливаться с двух сторон от СК на расстоянии 2-4 Ду. Вторая пара ставится с каждой стороны от СК на расстоянии 14-16 Ду. Примеры установки осевых СК показаны на рис. 2.

Число и необходимость последующих направляющих опор определяется при проектировании по результатам расчета теплопровода на устойчивость.

Некоторые предприятия для увеличения компенсирующей способности компенсаторов применяют спаренные осевые сильфонные компенсаторы, тем самым, нарушая вышеизложенные требования. Это может привести к потере устойчивости

компенсаторов (рис. 3).

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

В случае размещения СК в камерах функции направляющих опор могут выполнять стенки камер со специальной конструкцией обвязки входного и выходного проемов камеры.

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

Начиная с 1981 г. в тепловых сетях, находящихся на балансе ГУП «ТЭК СПб», было установлено более 14 тыс. СК. Анализ состояния трубопроводов и элементов конструкций тепловых сетей ГУП «ТЭК СПб», выполненный в 1998 г., подтвердил, что общее количество поврежденных СК за период внедрения составило 92 шт.

Основными причинами повреждений СК были:

- нарушение требований к монтажу осевых СК во время их монтажа;
- нарушение соосности трубопроводов во время монтажа, а также из-за просадки направляющих опор в процессе эксплуатации;
- разрушение неподвижных опор из-за неправильного расчета нагрузок на них;
- наружная коррозия сильфонов осевых компенсаторов из-за сверхдопустимого содержания хлоридов в грунтовых водах (рис. 4).

Дальнейший анализ условий монтажа и применения СК показал, что эксплуатация трубопроводов и других элементов тепловой сети в г. Санкт-Петербурге и его пригородах происходит при воздействии следующих факторов:

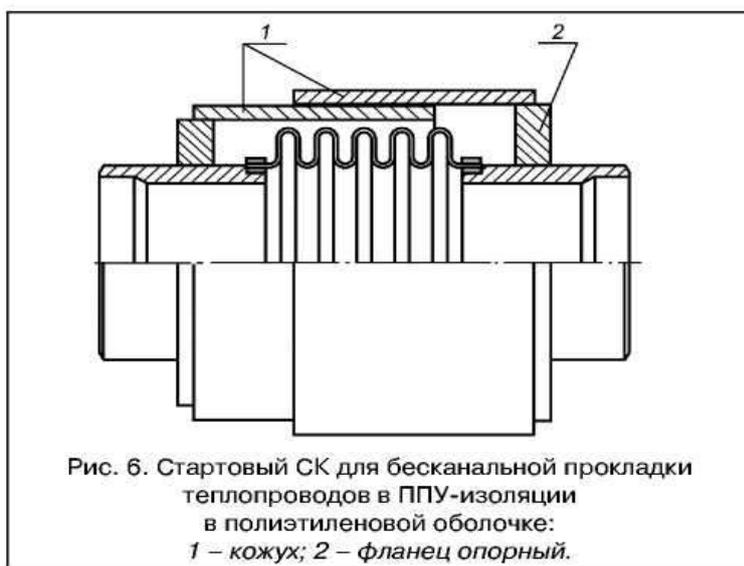
- высокий уровень грунтовых вод и частые подъемы воды при наводнениях приводят к периодическому их затоплению;
- большая часть трубопроводов и других элементов тепловых сетей ГУП «ТЭК СПб» находится в зонах с повышенной коррозионной активностью грунта (насыпные и торфяные почвы, повышенная концентрация хлоридов, блуждающие токи, высокий уровень и электропроводность грунтовых вод);
- посыпание проезжей части дорог солью и увеличение концентрации хлоридов в грунте приводит к снижению коррозионной стойкости металла (аустенитной нержавеющей стали) наружного слоя компенсаторов (75% теплотрасс расположены около проезжей части дорог). Как известно, скорость коррозии аустенитной стали резко увеличивается в среде, содержащей хлор;
- длительное хранение компенсаторов под открытым небом без антикоррозийной защитной смазки, нарушения инструкции по их транспортировке без защитных кожухов приводят к ударам, появлению царапин, вмятин и т.д.;
- нарушение технологии строительно-монтажных работ приводит к проникновению влаги под изоляцию или нарушению соосности, что сокращает срок работы компенсатора.

Еще в 1983 г. Технический совет Главного топливно-энергетического управления Ленинграда потребовал от проектных, конструкторских организаций и заводов-изготовителей:

- решить проблему влияния хлоридов на долговечность металла сильфонов;
- доработать конструкцию компенсационного устройства таким образом, чтобы обеспечить перемещение компенсатора в защитном кожухе только в продольном направлении. Это обеспечит повышение надежности конструкции независимо от качества установки подвижных и неподвижных опор;
- доработать конструкцию защитного кожуха для обеспечения 100% герметизации сильфона от проникновения грунтовых вод;
- предусмотреть нанесение антикоррозийного покрытия на наружную поверхность сильфонов СК, применяемых в тепловых сетях;
- для увеличения сроков службы СК необходимо ужесточить требования к хранению,

транспортировке и монтажу с целью недопущения их повреждений и коррозии при их хранении.

Сильфонные компенсационные устройства (СКУ). Во избежание разрушения осевых СК из-за несоосности трубопроводов, возникающей из-за просадки грунта, в гг. Санкт-Петербурге, Москве и в других регионах России стали применять СКУ различных конструкций. СКУ должны были конструктивно защищать сильфон от поперечных усилий, изгибающих и крутящих моментов, а также от попадания грунтовых вод на сильфон и грунта между гофрами.



Учитывая недостатки, выявленные при эксплуатации осевых СК, а также недостатки конструкций разработанных компенсационных устройств рядом российских производителей, ОАО «НПП «Компенсатор» в 1998 г. начало выпуск принципиально новой конструкции СКУ (рис. 5) для теплопроводов с теплоизоляцией из минеральной ваты, в пенополиуретановой (ППУ) или в армопенобетонной (АПБ) изоляции.

В отличие от СКУ, изготавливаемых другими предприятиями-производителями, этой конструкцией предусмотрены:

- направляющие опоры цилиндрической формы, установленные с обеих сторон от сильфона, которые телескопически перемещаются вместе с патрубками СКУ по внутренней поверхности толстостенного кожуха. Это придает конструкции достаточную жесткость и обеспечивает соосность сильфонов и их защиту от поперечных усилий и изгибающих моментов, возникающих при возможных прогибах теплопровода из-за просадки грунта или направляющих опор;
- ограничители хода сильфона, которые также защищают сильфон от крутящих моментов;
- толстостенный кожух, изготавливаемый из труб, применяемых для теплопроводов, который задает направление перемещения цилиндрических направляющих опор СКУ,

и, в то же время, обеспечивает защиту сиффона от нагрузок, возникающих под действием давления грунта и автотранспорта при бесканальной прокладке теплопровода.

При использовании СКУ данной конструкции устанавливать направляющие опоры на расстоянии 2-4 Ду от СКУ нет необходимости. При бесканальной прокладке также гарантируется защита сиффона от поперечных усилий и изгибающих моментов, которые могут возникнуть из-за просадки грунта. Так, на СКУ Ду 1000, установленных на Нирюнгринской ГРЭС, несоосность составила 17мм, но СКУ осталось работоспособным.

Стартовые сиффонные компенсаторы для трубопроводов в ППУ-изоляции. В Западной Европе и в некоторых регионах России для компенсации температурных деформаций теплопроводов при бесканальной прокладке не применяют осевые СК. В этих случаях используется способ частичной разгрузки температурных деформаций теплопровода за счет предварительного нагрева теплопровода во время его монтажа до температуры, равной 50% от максимальной.

Суть этого способа заключается в следующем. Между двумя неподвижными опорами теплопровода необходимо установить стартовый СК (или, так называемый, Е-компенсатор), после чего теплопровод заполняется теплоносителем и нагревается до температуры, равной 50% от максимальной рабочей. При этом стартовый компенсатор (рис. 6) должен сжаться на полную величину рабочего хода. После выдержки при указанной температуре (как правило, в течение суток) кожухи стартового компенсатора завариваются между собой. И так на всем теплопроводе между каждой парой неподвижных опор. При этом сиффон стартового компенсатора исключается из дальнейшей работы теплопровода, и теплопровод остается в эксплуатации в напряженном состоянии.

Кроме того, использование предварительно нагретых во время монтажа теплопроводов имеет еще несколько неудобств:

- окончательный монтаж теплопровода (заварку кожухов всех стартовых компенсаторов и их последующую тепло-, гидроизоляцию) приходится производить во время отопительного сезона;

- при выполнении ремонта теплопровода необходимо на данном участке теплотрассы заменять и стартовый сиффонный компенсатор и выполнить в дальнейшем вышеизложенные требования по его монтажу и изоляции.

Применение при бесканальной прокладке предварительно нагретых во время монтажа теплопроводов с ППУ-изоляцией с использованием стартовых компенсаторов возможно на тепловых сетях в тех системах теплоснабжения, где применяется качественное регулирование тепловых нагрузок. Кроме того, их можно использовать в регионах с мягкими климатическими условиями, когда перепады температур теплоносителя относительно средней температуры незначительны и стабильны.

В пиковые же режимы отопления, а также при остывании теплоносителя и его сливе, что довольно часто происходит во многих регионах России, температурные напряжения на трубопровод и неподвижные опоры резко возрастают.

Предварительно изолированные осевые сиффонные компенсаторы. Учитывая проблемы применения стартовых компенсаторов, а также особенности климатических условий регионов и соответствующие режимы отопления, в г. Санкт-Петербурге (с его болотистыми почвами и регулярными наводнениями) и многих других регионах России при бесканальной прокладке труб в ППУ-изоляции уже более 15 лет применяются предварительно изолированные осевые СК различных конструкций (рис. 7).

Основным недостатком всех этих конструкций предизолированных осевых СК является возможность попадания грунтовых вод под полиэтиленовую оболочку теплоизоляции, а также на сиффон через подвижную часть СК. Чтобы грунтовые воды не попадали на провода системы ОДК, провода внутри компенсационного устройства прокладываются в гидрозащитном кембрике. Тем самым, компенсационные устройства (длиной до 4,5 м каждое) исключаются из системы ОДК теплопровода.

Проанализировав недостатки существующих конструкций, ОАО «НПП «Компенсатор» в 2006 г. разработало осевое СКУ для бесканальной прокладки теплопроводов в ППУ-изоляции в полиэтиленовой оболочке с системой ОДК (рис. 8).

Разработка велась на базе отработанной конструкции СКУ (рис. 5). Здесь также предусмотрены цилиндрические направляющие опоры, установленные с обеих сторон от сильфона, которые телескопически перемещаются вместе с патрубками СКУ по внутренней поверхности толстостенного кожуха.

Гидроизоляция подвижной части СКУ выполняется с помощью защитного сильфона, позволяющего гарантировать полную защиту рабочего сильфона, теплоизоляции и проводов системы ОДК от проникновения грунтовых вод в течение всего срока службы СКУ.

Провода системы ОДК, во избежание контакта с металлическими поверхностями СКУ, проложены во фторопластовой трубке, имеющей отверстия для проникновения воды в случае нарушения герметичности сильфона. При этом компенсационное устройство не исключается из системы ОДК теплопровода.

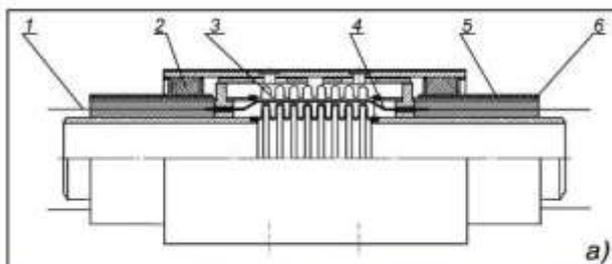
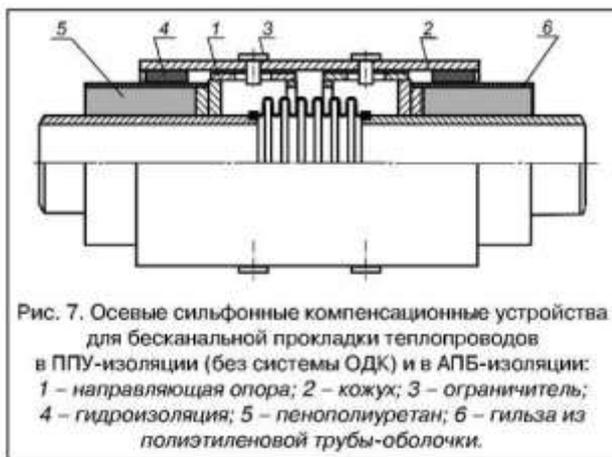


Рис. 8. Осевое СКУ для бесканальной прокладки теплопроводов со 100% гарантией гидрозащиты от грунтовых вод: а – эскиз; б – фото (СКУ без кожуха); 1 – провод системы ОДК; 2 – гидроизоляция; 3 – уплотнение сильфонное; 4 – трубка фторопластовая; 5 – муфта термоусаживающаяся; 6 – гильза.

Воздушная прослойка между двумя сильфонами обеспечивает хорошую тепловую изоляцию в средней части СКУ.

Таблица. Удельная годовая экономическая эффективность от замены сальникового компенсатора на сильфонный в процессе эксплуатации (по данным ГУП «ТЭК СПб»).

Диаметр компенсатора, мм	Холодная вода		Топливо		Электроэнергия		Обслуживание и ремонт, тыс. руб.	Итого, тыс. руб.
	м ³	тыс. руб.	т у.т.	тыс. руб.	кВт·ч	тыс. руб.		
от 300	77,5	1,05	0,7	0,90	105,9	0,10	2,71	4,76
от 300 до 600	186,8	2,52	1,6	2,17	255,4	0,24	6,30	11,23
от 600 до 1200	355,7	4,80	3,0	4,12	486,1	0,45	9,90	19,27



Рис. 9. СК после 20 лет эксплуатации.

Тепловая изоляция патрубков СКУ может выполняться во время монтажа одновременно с заливкой пенополиуретаном стыков теплопровода с СКУ. С этой целью к фланцам СКУ приварена стальная гильза, на которую посажена термоусаживающаяся муфта, по наружному диаметру соответствующая полиэтиленовой оболочке теплопровода. Такое конструктивное решение гарантирует защиту ППУ-изоляции от проникновения в нее грунтовых вод.

Для исключения попадания грунта и ограничения попадания грунтовых вод на защитный сильфон с торцов кожуха установлены уплотнения.

Применение данных компенсационных устройств позволит в полном объеме решить проблему компенсации температурных деформаций теплопроводов с ППУ-изоляцией в полиэтиленовой оболочке на протяжении всего срока эксплуатации.

Вместо заключения

Учитывая возрастающие требования по сроку службы теплопроводов тепловых сетей, в ОАО НПП «Компенсатор» в 2006 г. проведено несколько НИОКР, по результатам которых:

1. внедрено антикоррозионное покрытие наружной поверхности сильфонов, стойкое при воздействии агрессивных сред на протяжении всего срока службы СК;
2. совместно с одним из ведущих материаловедческих институтов г. Санкт-Петербурга проведена ОКР по подтверждению срока службы СК не менее срока службы теплопроводов (рис. 9) при максимально возможном для любого региона России содержании хлоридов в сетевой воде;
3. изменена геометрия гофров сильфонов, что позволило увеличить на 10-20% компенсирующую способность осевых СК практически без изменения их жесткости.

В заключение приведем данные расчета экономической эффективности замены сальниковых компенсаторов на сильфонные, выполненный ГУП «ТЭК СПб» в 2006 г. (таблица).

Журнал «Новости теплоснабжения» № 7(83), 2007, www.ntsnp.ru