

Сильфонные компенсаторы для вертикальных стояков высотных зданий в российских условиях

Подход среди специалистов: «авось пронесет!?» Результат: массовые аварии и поломки

| Автор О. ХРИПАЧ, инженер

Каким должен быть хороший сильфонный компенсатор для вертикальных трубопроводов высотных зданий? В чем состоят его функции? Какую конструкцию и какие характеристики он должен иметь? Как его правильно за проектировать и смонтировать?

Я работаю в специализированной фирме «Компенсаторы Протон-Энергия». Наши технические специалисты занимаются поставками, технической поддержкой сильфонных компенсаторов с 1999 г., а разработкой новых моделей — с 2003 г. Среди наших объектов Московский Кремль, библиотека МГУ, аэропорт «Внуково», крупные жилые комплексы «Шуваловский», «Павшинская Пойма», Ледовый Дворец в г. Коломне, а также более тысячи других зданий по всей России. Опыт накоплен богатый, как положительный, так и отрицательный. Хочу им и поделиться.

Сначала немного теории. При изменении температуры стального трубопровода меняется его длина (происходит известное нам еще со школы температурное расширение или сжатие твердых тел). Чем больше изменение температуры, тем больше меняется длина.

Что же на практике происходит с вертикальным стальным стояком при увеличении температуры теплоносителя? Расчет его удлинения предлагаю производить по формуле:

$$\Delta L = 0,012 H N (t_{\max} - t_{\min}) 1,07,$$

где ΔL — удлинение компенсируемого участка, мм; 0,012 — коэффициент теплового удлинения, мм/(м·°C); H — высота этажа от пола до пола, м (обычно 2,8–3,3 м); N — количество этажей между неподвижными опорами на компенсируемом участке (обычно принимаем 8 этажей); t_{\max} — максимальная температура теплоносителя (в системе отопления, как правило, 90 °C); t_{\min} — темпе-

ратура стояка в момент монтажа труб и врезки компенсаторов (на практике обычно не ниже –10 °C); 1,07 — коэффициент запаса.

На основании расчетов по вышеуказанной формуле ясно, что в системах отопления жилых зданий температурное удлинение стальных труб составляет до 1,5 мм на погонный метр. Полное удлинение стояка отопления 20-этажного здания при этом может превысить 100 мм. Такое удлинение приводит к изгибанию стояка и радиаторных подводок. Возникают напряжения, которые могут привести к разрушению радиаторных терморегуляторов и запорной арматуры. Для предотвращения разрушительные последствия температурного удлинения вертикальных стояков устанавливают сильфонные компенсаторы.

Сильфон компенсатора в определенных пределах способен легко многократно менять свою длину, реагируя на многочисленные температурные удлинения и сжатия трубопровода в процессе эксплуатации. Таким образом, компенсатор сохраняет первоначальную длину стояка, предотвращает изгибание и разрушение радиаторных подводок и запорной арматуры.

Конструкция компенсатора для вертикальных трубопроводов

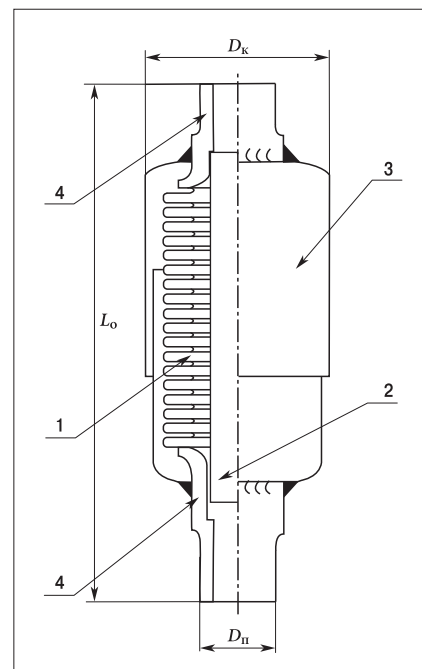
В качестве примера предлагаю рассмотреть специальный компенсатор для вертикальных стояков «Энергия». Он состоит из сильфона, наружной гильзы, внутренней гильзы и присоединительных патрубков (приварных или резьбовых) или фланцев (рис. 1).

1. **Сильфон** представляет собой гибкую тонкостенную цилиндрическую «гармошку» из нержавеющей стали. Он приварен к присоединительным патруб-

кам 4 при помощи колец из нержавеющей стали.

2. **Внутренняя направляющая гильза из нержавеющей стали** — трубка из нержавеющей стали, приваренная к одному из патрубков и свободно движущаяся во втором. Она выполнена из нержавеющей, а не «черной» стали. Это необходимо для ее долговечности и для того, чтобы при ее возможном контакте с тонкостойным нержавеющей сильфоном не возникла «электрическая пара», приводящая к электрохимической коррозии и быстрому разрушению тонкостойного сильфона. Также внутренняя гильза направляет поток воды, уменьшая потери напора.

3. **Наружный декоративно-защитный кожух** — гладкие полусферы из ста-



■ Рис. 1. Принципиальная схема осевого сильфонного компенсатора «Энергия»

■ **Технические характеристики осевых сильфонных компенсаторов «Энергия»** табл. 1
 Диаметры: Ду 15–200 мм для вертикальных стояков, (поставляются Ду 15–3000 мм). Обозначение: «Энергия-Термо» для отопления; «Энергия-Аква» для водопровода. Имеют сертификаты TUV и ГОСТ Р. Параметры указаны в соответствии с европейскими нормативами для жилых зданий. Количество срабатываний: для полного осевого хода — не менее 1000 циклов, для рабочего осевого хода при сжатии — не менее 10000 циклов (полный осевой ход при 1000 циклов следует разделить на 1,5 в соответствии с DIN 1988). Рабочая температура: +150 °С. Рабочее давление: 16 атм.

Ду, мм	Маркировка	Осевой ход/сжатие или удлинение компенсатора, мм	Общая длина L_0 , мм	Диаметр компенсатора D_K , мм	Диаметр патрубка D_T , мм	Эффективная площадь сильфона $S_{эф}$, см ²	Жесткость осевого хода G , кН/м
15	15.16.27/13.2	+27/-13	256	51	21,5	10	22
20	20.16.27/13.2	+27/-13	258	52	26,8	11	23
25	25.16.27/13.2	+27/+13	258	57	33,5	12	23
32	32.16.27/13.2	+27/-13	267	68	42,3	18	32
40	40.16.27/13.2	+27/-13	268	77	46	27	33
50	50.16.30/15.2	+30/-15	295	92	57	39	37
65	65.16.30/15.2	+30/-15	297	109	76	58	43
80	80.16.30/15.2	+30/-15	297	120	89	76	47
100	100.16.33/17.2	+33/-17	302	151	108	123	65
125	125.16.33/17.2	+33/-17	312	190	133	188	128
150	150.16.33/17.2	+33/-17	345	218	159	265	129
200	200.16.33/17.2	+33/-17	355	270	219	435	162

ли, сверху закрывающие тонкостенный гофрированный сильфон. Они украшают компенсатор и служат для защиты сильфона от попадания бетона и искр сварки, а также оберегают его от актов вандализма.

4. Патрубки. У «Энергия-Термо» из «черной» стали для приварки к стоякам отопления. У «Энергия-Аква» антикоррозионные резьбовые патрубки для Ду 15–50 мм и с приварными фланцами для Ду 65–200 мм. Они служат для присоединения компенсаторов «Энергия-Аква» к оцинкованному трубопроводу.



■ **Осевые сильфонные компенсаторы «Энергия»**

тор должен быть оснащен внутренней или наружной направляющей гильзой (или другим устройством для сохранения устойчивости сильфона).

Компенсированный участок трубопровода должен быть строго прямолинейным. Он ограничивается с двух сторон неподвижными опорами.

Максимальное температурное удлинение компенсируемого участка вертикального трубопровода для жилых зданий не должно превышать осевого хода компенсатора при сжатии, при котором он может выдержать не менее 10000 циклов срабатывания (см. «технические характеристики»). На компенсируемом участке недопустимы врезки. Исключение: радиаторные стояки двухтрубной системы отопления, если диаметр стояка не более 40 мм и диаметр врезок не более 20 мм. Другие случаи рассматриваются индивидуально.

Важнейшие технические характеристики осевого сильфонного компенсатора

Существует взаимосвязь осевого хода, рабочего давления, рабочей температуры, компенсирующей способности и числа циклов срабатывания. Осевой ход сильфонного компенсатора — техническая характеристика, полученная опытным путем при лабораторных стендовых испытаниях. В процессе этих испытаний компенсатор под максимальным рабочим давлением заполняют водой с максимальной рабочей температурой. Потом этот компенсатор многократно механически сжимают и разжимают (с амплитудой, равной осевому ходу) до разрушения (потери герметичности). Одно сжатие компенсатора от максимума до минимума и удлинение от минимума до максимума (на определенную амплитуду осевого хода) называется полным циклом срабатывания осевого компенсатора.

В соответствии с европейскими нормами для жилых зданий число полных циклов срабатывания до разрушения должно составлять: для амплитуды полного осевого хода (равного сумме осевого хода при сжатии и удлинении) не менее 1000 циклов; для амплитуды рабочего осевого хода при сжатии не менее 10000 циклов. Для обеспечения длительной безаварийной работы амплитуда осевого хода должна соответствовать этим стандартам. В противном случае сильфон компенсатора в процессе эксплуатации может потерять герметичность и произойдет протечка.

Пример подбора компенсаторов для внутренних систем отопления и водоснабжения «Энергия» согласно нормативам DIN

Дано: 21-этажный жилой дом (рис. 2) с двухтрубной стояковой системой отопления, высота этажа $H = 2,8$ м. Максимальная температура теплоносителя $t_{max} = +90$ °С. Расчетная минимальная температура воздуха в здании при монтаже системы отопления $t_{min} = -10$ °С. Диаметр стояка отопления равен 25 мм.

Найти: требуемое количество компенсаторов и неподвижных опор и места их расположения на стояке.

Решение: установим верхнюю неподвижную опору на три этажа ниже, чем этажность здания: $21 - 3 = 18$. Примем, что на участке с 18 по 21 этаж не нужно компенсировать удлинение, т.к. мала длина участка (менее $3 \times 2,8$ м = 8,4 м).

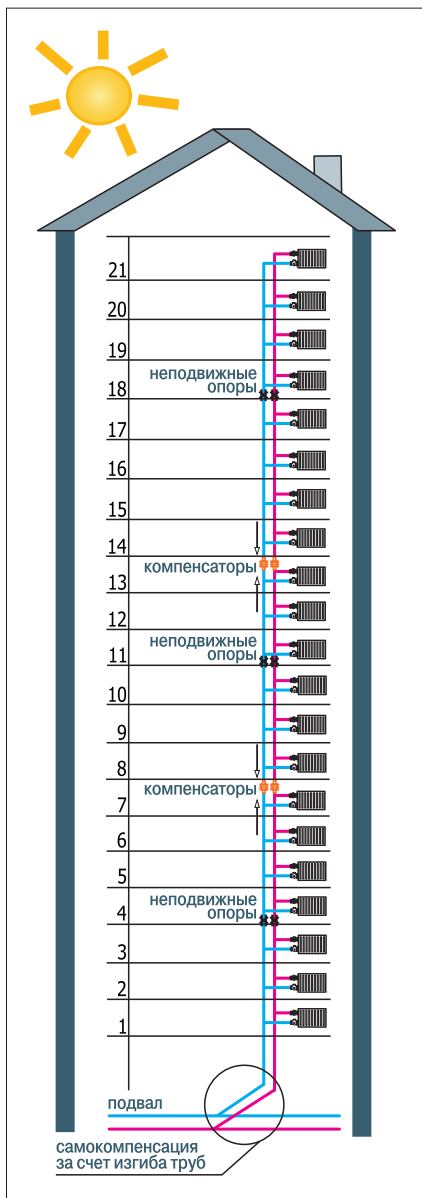
Установим нижнюю неподвижную опору на четвертом этаже. На участке

Продолжение на стр. 23.

■ Типичные ошибки, возникающие при использовании сильфонных компенсаторов

табл. 2

ТИПИЧНЫЕ ОШИБКИ ПРОЕКТИРОВЩИКОВ	
Максимальное температурное удлинение компенсируемого участка превышает осевой ход компенсатора при сжатии (см. технические характеристики)	Компенсатор работает в режиме перегрузки, что резко сокращает срок его службы
Максимальное температурное удлинение компенсируемого участка значительно меньше, чем осевой ход компенсатора при сжатии (см. технические характеристики)	Установлено слишком много компенсаторов. Перерасход средств Заказчика
На стальных трубопроводах запроектированы латунные компенсаторы для медных и пластиковых труб	Тонкостенные латунные компенсаторы изготавливаются специально для менее жестких, чем стальные, медных и металлопластиковых стояков. Существует опасность аварии
Для компенсации температурных удлинений применяют виброкомпенсаторы	После завершения указанного в паспорте пятилетнего срока эксплуатации (если их своевременно не заменила соответствующая служба) виброкомпенсаторы зачастую выходят из строя
Устанавливают на водопровод компенсаторы для отопления	— Приходится сваривать «черную» сталь с оцинкованной, что недопустимо. Стык недолговечен — Компенсатор для водопровода должен быть полностью изготовлен из пищевой нержавеющей стали. Из «непищевой» нержавейки вымываются токсичные вещества, при этом ухудшается качество воды. Допустимое присоединение к оцинкованному водопроводу — на фланцах или резьбовое
Закладывают в проект малоизвестные непроверенные модели, не имеющие серьезной технической документации или недавно разработанные	Возможны массовые поломки компенсаторов в течение двух-трех лет эксплуатации. Существует опасность несоответствия компенсаторов декларируемым в их технической документации характеристикам. Лучше не экспериментировать
Используют модели, в технических характеристиках которых указан полный осевой ход без учета 1000 циклов срабатывания и осевой ход при сжатии без учета 10 000 циклов срабатывания	Возможно, характеристики завышены. Компенсатор при этом работает с большими перегрузками, что резко сокращает срок его службы. В технических характеристиках обязательно должны быть указаны эти параметры
Применение на вертикальных стояках моделей для горизонтальных трубопроводов (без солидной внутренней или наружной направляющей гильзы или других направляющих)	— Такой компенсатор сложно правильно смонтировать на вертикальном трубопроводе (возникают трудновыполнимые требования к направляющим опорам). Есть вероятность поломки компенсатора в первый-второй сезон эксплуатации — Повышенная нагрузка на неподвижные опоры по сравнению со специальными компенсаторами для вертикальных стояков — Осевой ход компенсаторов для теплотрасс не соответствует нормам для внутренних инженерных систем и требует пересчета. Снижается срок службы
Применяют компенсаторы на непрямолинейном участке	Под действием распорного усилия сильфона «плечо» трубопровода отгибается. Сильфон при этом теряет устойчивость и компенсатор ломается
ТИПИЧНЫЕ ОШИБКИ МОНТАЖНИКОВ	
Не ставят неподвижные опоры, хотя это требование техпаспорта	При опрессовке под действием некомпенсированного опорам распорного усилия сильфон разворачивает как «гармошку». Компенсаторы выходят из строя
Меняют запроектированные модели на более дешевые «ну точно такие же, только другого производителя», иногда по принципу «два гарантийных года отстоят, а дальше уже не мои проблемы»	Велика вероятность массовых аварий в течение одного-пяти лет эксплуатации
При производстве электросварочных работ пропускают ток через стояк и компенсатор	Возможна протечка сильфона
Допускают гидроудары	Возможна массовая поломка компенсаторов
Сдавливают, растягивают (если это не требование техпаспорта), скручивают или изгибают компенсаторы при монтаже	Резко снижается срок эксплуатации. Возможны аварии
ТИПИЧНЫЕ ОШИБКИ ПРОДАВЦОВ И ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ	
«На глазок» меняют запроектированные компенсаторы на свои (по диаметру и иногда завышенному осевому ходу) без учета технических характеристик проектных компенсаторов и изучения проекта	Велика вероятность неравноценной замены. Резко снижается срок эксплуатации, возможны аварии
Полный осевой ход компенсатора декларируют не из учета 1000 циклов срабатывания, а меньшего количества (иногда — 200 циклов), что недопустимо	Сильфон компенсатора при эксплуатации может сжаться с превышением допустимой нормы и попасть в область пластических деформаций. Резко снижается срок эксплуатации. Возможны массовые аварии
Имеют поверхностное представление о требованиях к компенсаторам для вертикальных трубопроводов жилых зданий (т.к. в России этих стандартов нет) и необходимости их строгого соблюдения. По незнанию или, не осознавая последствий, сертифицируют технически несовершенные компенсаторы. При аварии прикрываются фразой: «А мы всего лишь продавцы. Вот у нас сертификат. Какие к нам претензии?»	Возможны массовые отказы в течение двух-семи лет эксплуатации
ТИПИЧНЫЕ ОШИБКИ ОРГАНОВ СЕРТИФИКАЦИИ И ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ	
Зачастую не имеют представления о требованиях к компенсаторам для вертикальных трубопроводов жилых зданий. Например, сертифицируют без проверки на число циклов срабатывания	Велика вероятность ошибочной сертификации низкокачественных компенсаторов
Сертифицируют компенсаторы с приварными патрубками из «черной» стали для использования в системах водоснабжения	Нарушение СНиП. Нельзя сваривать «оцинковку» с «черной» сталью
Сертифицируют компенсаторы с внутренней гильзой из «черной» стали	— При эксплуатации тонкостенная внутренняя гильза из «черной» стали разрушается в течение одного-трех лет, и перестает выполнять функции сохранения устойчивости сильфона. Возможны массовые поломки компенсаторов в течение двух-трех лет эксплуатации — В систему попадает ржавчина, забивая терморегуляторы и балансировочные вентили, происходит гидравлическая разбалансировка. Возникают проблемы с распределением теплоносителя
Сертифицируют неполнопроходные компенсаторы или компенсаторы без внутренней гильзы	Возникают дополнительные гидравлические потери, снижающие энергоэффективность и регулируемость системы
ТИПИЧНЫЕ ОШИБКИ ЖИЛЬЦОВ	
Демонтируют сильфонные компенсаторы	Некомпенсированное температурное удлинение может привести к выгибанию стояка, изгибу подволок и разрушению радиаторной обвязки (терморегулирующих клапанов)



■ Рис. 2. Принципиальная схема монтажа

с первый по четвертый этажи температурное удлинение самокомпенсируется за счет «плеча» изгиба трубы в подвале. Перед нами стоит задача компенсировать температурное удлинение стояка между 4–18 этажами.

Расчет удлинения участка трубопровода производим по формуле:

$$\Delta L = 0,012HN(t_{\max} - t_{\min}),$$

где ΔL — удлинение компенсируемого участка, мм; 0,012 — коэффициент теплового удлинения для «черной» стали, мм/(м·°C); H — высота этажа, м (2,8 м); N — количество этажей между неподвижными опорами на компенсируемом участке (принимается семь этажей); t_{\max} — максимальная температура теплоносителя (+90°C); t_{\min} — минимальная температура стояка в момент врезки компенсаторов (не ниже -10°C).

Находим удлинение участка между четвертым и восемнадцатым этажами:

$$\Delta L = 0,012 \times 2,8 \times 14 \times [90 - (-10)] = 47 \text{ мм.}$$

Диаметр компенсатора должен быть равен диаметру стояка. При 1000 полных циклах сжатия осевой ход компенсатора «Энергия» равен 40 мм. При 10 000 циклов (в соответствии с DIN) осевой ход равен 40/1,5 = 27 мм. Удлинение компенсируемого участка делим на осевой ход при 10 000 циклов: 47/27 = 1,74. Округляем в большую сторону. Получаем два компенсатора (с суммарным сжатием 27 × 2 = 54 мм > 47 мм).

Ответ: нам необходимо установить два компенсатора Ду25 «Энергия-Термо». Компенсаторы установим на 7 и 13 этажах. Неподвижные опоры установим на 4, 11 и 18 этажах.

Типичные ошибки, возникающие при использовании осевых сильфонных компенсаторов

На основании накопленного 10-летнего опыта можно сделать выводы (табл. 2):

- 90% проектировщиков допускали ошибки при проектировании СК на вертикальных стояках;
- 90% монтажников монтировали СК с ошибками, которые впоследствии отразились или отразятся на сроке службы СК;
- 90% продавцов компенсаторов (в т.ч. и я в начале карьеры) продавали модели, не соответствующие требованиям проекта;
- 90% представленных на российском рынке российских и неевропейских производителей изготавливали и поставляли продукцию, не соответствующую по своим техническим характеристикам международным стандартам для внутренних инженерных систем.

В России в области знаний о сильфонных компенсаторах для вертикальных стояков даже среди специалистов высочайшей квалификации широко распространена неполная информированность, а в общем существует подход «авось пронесет». Почему сложилась такая ситуация? В чем же корень проблемы?

Двухтрубная система отопления в СССР в многоэтажках практически не применялась, а значит, компенсаторы для вертикальных стояков не требовались. Поэтому для них не были разработаны серьезные научно обоснованные стандарты. Некоторые данные в учебниках есть, но они разрозненные и противоречивые. А у российских же технических специалистов до серьезных исследований в этой области пока не доходят

руки. При этом нюансов масса. У строителей нет серьезной информации. Следствием отсутствия теоретических знаний является движение путем проб и ошибок. Поэтому происходило и происходит громадное число поломок и аварий по вине ведущих проектировщиков, авторитетных монтажников и производителей этой вроде бы простой продукции. Часто происходит перерасход средств заказчиков, т.к. проектировщики, перестраховываясь, применяют слишком дорогие модели там, где можно обойтись более простыми, того же производителя. Иногда количество компенсаторов в проекте больше, чем необходимо.

Очень часто вижу, что монтажники, желая сэкономить, покупают (иногда сами того не подозревая) некачественные или несоответствующие стандартам для жилых зданий компенсаторы, доверяя сертификатам. А сертификаты качества выдаются без проведения серьезных испытаний и детального изучения конструкции. Да и как понять производителям, продавцам и служащим органов сертификации, является ли оборудование качественным или нет, когда отсутствует российский стандарт?

Как правило, некачественные или неправильно примененные компенсаторы приходят в аварийное состояние через 5–7 лет эксплуатации. В Москве новостроек (с двухтрубной системой отопления) с такими проблемами не менее 25%. Видимо, ситуация улучшится только тогда, когда будут разработаны и повсеместно внедрены вышеуказанные нормативы (хотя бы на базе DIN и TUV).

Господа эксперты и специалисты! Приглашаем вас к диалогу, чтобы совместными усилиями разработать российские нормативы на осевые сильфонные компенсаторы для вертикальных стояков. Также мы проконсультируем и попытаемся помочь всем, у кого возникли проблемы с этим оборудованием. При необходимости вышлем бесплатное пособие для проектировщиков ОВ и ВК, а также подробные инструкции по монтажу. □



«Компенсаторы Протон-Энергия»

Тел.: (495) 765-56-70, (499) 940-75-50

E-mail: info@compensators-energy.ru

www.compensators-energy.ru