

Применение направляющих опор на трубопроводах с осевыми сифонными компенсаторами

Е.В. Кузин, директор ООО «АТЕКС-ИНЖИНИРИНГ», г. Иркутск;

В.В. Логунов, заместитель генерального директора,

В.Л. Поляков, главный конструктор проектов по теплосетям, ОАО «НПП «Компенсатор», г. Санкт-Петербург

В статье [1] мы рассмотрели расчет трубопровода на устойчивость. Если расчет показывает, что трубопровод не устойчив, то необходимо стабилизировать теплопровод расстановкой направляющих опор.

Направляющие опоры по функциональному назначению можно разделить на два вида:

- опоры первого вида, обеспечивающие соосность патрубков осевого компенсатора и их перемещение строго вдоль оси компенсатора;
- опоры второго вида, обеспечивающие устойчивость теплопровода.

Направляющие опоры первого вида

Первый вид направляющих опор применяется в том случае, если конструкция сифонного компенсатора не способна самостоятельно обеспечить требуемую соосность патрубков компенсатора и не способна противостоять внешним нагрузкам – боковым усилиям и изгибающим моментам.

В зависимости от конструкции сифонного компенсатора возможны следующие схемы расстановки направляющих опор первого типа, обеспечивающих соосность патрубков компенсатора и их продольное перемещение.

1. Конструкция сифонного компенсатора не способна противостоять ни боковым усилиям, ни изгибающим моментам (компенсатор без направляющего кожуха или с кожухом, защищающим только от внешних воздействий при транспортировке и монтаже). В таком случае с каждой стороны от компенсатора устанавливаются две пары направляющих опор. Первая пара устанавливается на расстоянии 2-4Ду, вторая – на расстоянии 14-16Ду (рис. 1а). При установке сифонного компенсатора на расстоянии до 4Ду от неподвижной опоры, направляющие опоры с противоположной стороны устанавливать не требуется (рис. 1б).

2. Конструкцией сифонного компенсатора предусмотрен мощный защитный кожух, способный воспринимать боковые усилия, но не способный воспринимать изгибающие моменты. В таком случае необходима установка трех направляющих опор: одна пара устанавливается на расстоянии 14-16Ду и третья опора – на расстоянии 2-4Ду (рис. 2а). В случае если компенсатор установлен на расстоянии 2-4Ду от неподвижной опоры, то на его противоположной стороне устанавливается только одна направляющая опора на расстоянии 14-16 Ду (рис. 2б).

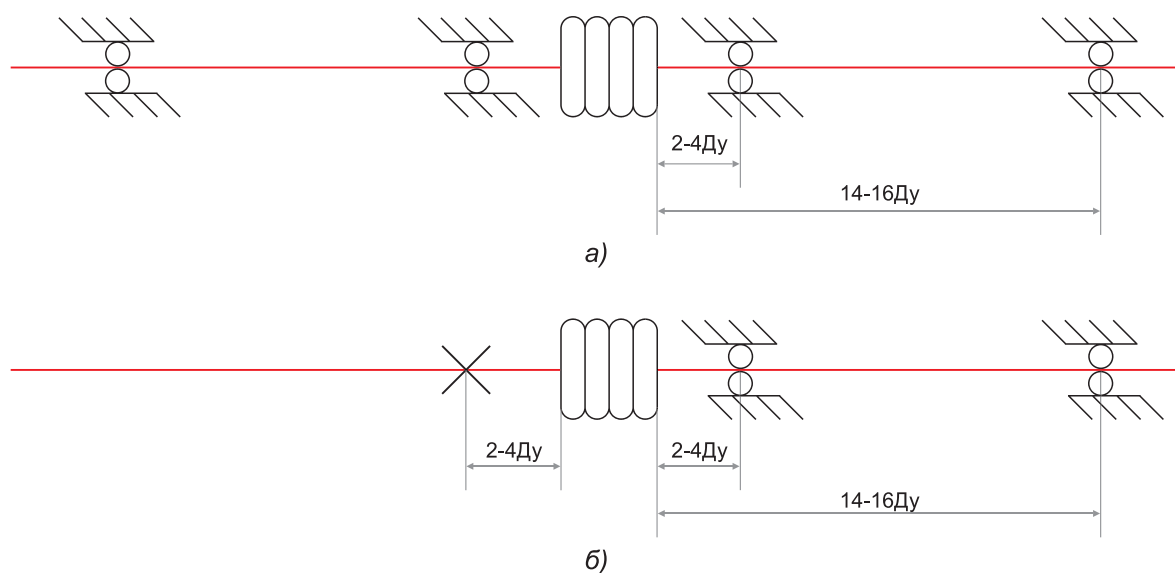
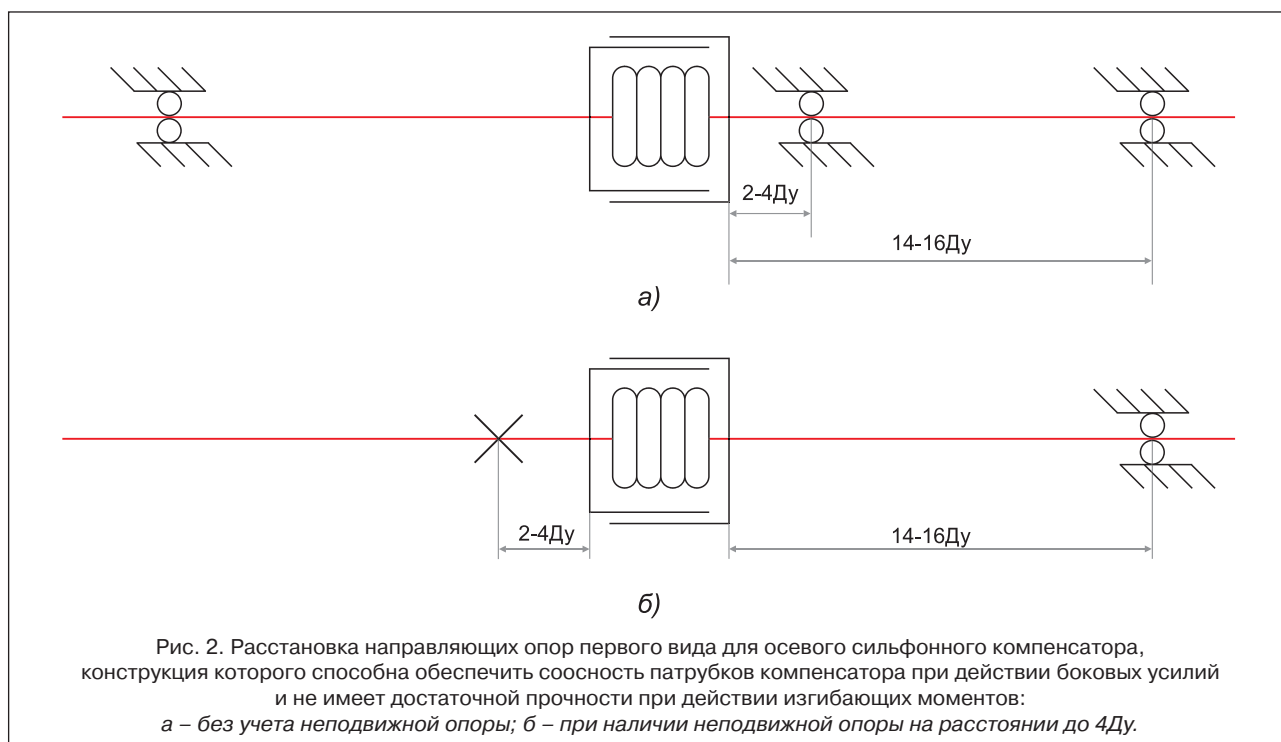


Рис. 1. Расстановка направляющих опор первого вида для осевого сифонного компенсатора, конструкция которого не способна обеспечить соосность патрубков компенсатора:

а – без учета неподвижной опоры ; б – при наличии неподвижной опоры на расстоянии до 4Ду.



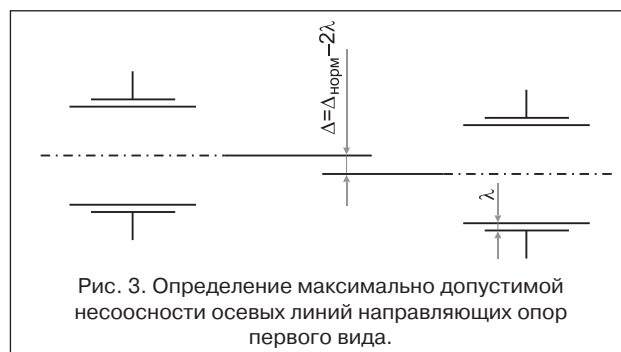
3. Конструкцией сильфонного компенсатора предусмотрен мощный защитный кожух и внутреннее направляющие элементы, способные противостоять боковым усилиям и изгибающим моментам. Такая конструкция для своей нормальной работы не требует установки направляющих опор первого вида. Примером такого устройства является SKU по техническим условиям ИАНШ.300260.033 ОАО «НПП «Компенсатор».

Направляющие опоры первого вида должны быть рассчитаны на боковую нагрузку в 15% от суммы распорного усилия и жесткости компенсатора, должны быть охватывающего типа, и должны обеспечивать соосность патрубков компенсатора в пределах значений, заданных производителем сильфонного компенсатора.

Несоосность патрубков компенсатора является одним из критических факторов, влияющих на срок службы сильфонного осевого компенсатора. При определении допускаемых отклонений осевых линий направляющих опор, необходимо учитывать зазор в направляющей опоре.

Например, для ОПНР-16-400-200 (Ду400 мм, $R_y=16$ кгс/см²) допускаемая несоосность патрубков компенсатора $\Delta_{\text{норм}}$ составляет 10 мм, зазор в направляющих опорах $\lambda=2$ мм. Таким образом, максимальная несоосность осевых линий направляющих опор $\Delta=\Delta_{\text{норм}} - 2\lambda$ (рис. 3) и составляет в этом случае 6 мм.

Направляющие опоры 1-го вида должны строго соблюдать допускаемые отклонения в пределах всего срока эксплуатации, поэтому отдельно стоящие направляющие опоры первого типа могут быть построены только на непроседающих грунтах, с устройством фундамента или других мер,



обеспечивающих выполнение данного условия. В противном случае направляющие опоры должны быть доступны для осмотра, и иметь приспособления для регулярной проверки боковых отклонений. Осмотр направляющих опор 1-го вида и измерение их боковых отклонений должен проводиться не реже, чем 1 раз в год. При превышении предельных отклонений необходимо выровнять направляющие опоры до возвращения боковых отклонений в область допускаемых значений.

Рассмотрим влияние бокового отклонения выше допускаемых значений на работу сильфонного компенсатора. Для компенсатора типа ОПНР-16-400-200 (допускаемая предельная несоосность патрубков $\Delta_{\text{норм}}$, заданная производителем, составляет 10 мм) максимальный сдвиг Δ для такого компенсатора при назначенной наработке, эквивалентной по разрушающему воздействию температурной истории тепловой сети за 30 лет [2], составляет 15 мм. Для сильфонного компенсатора сумма относительных деформаций по каждому виду деформации не должна превышать единицы.

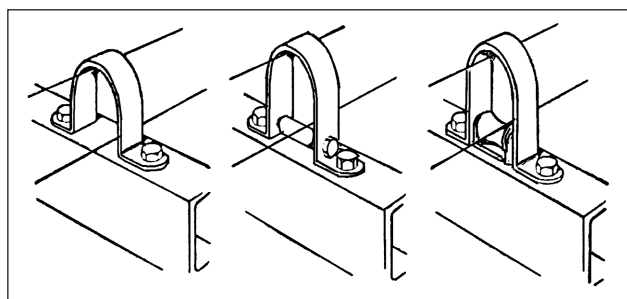


Рис. 4. Полосовые направляющие опоры с валиками и без них.

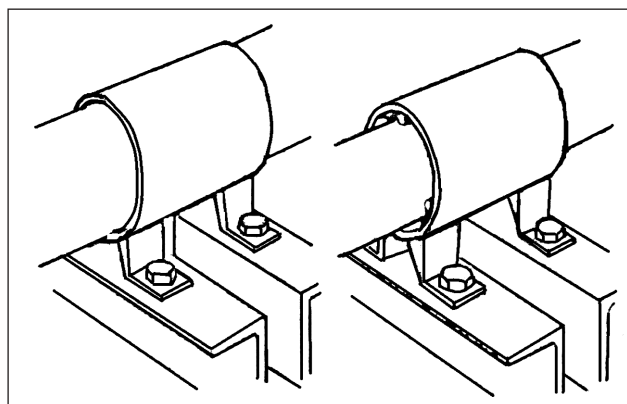


Рис. 5. Трубообразные направляющие опоры.

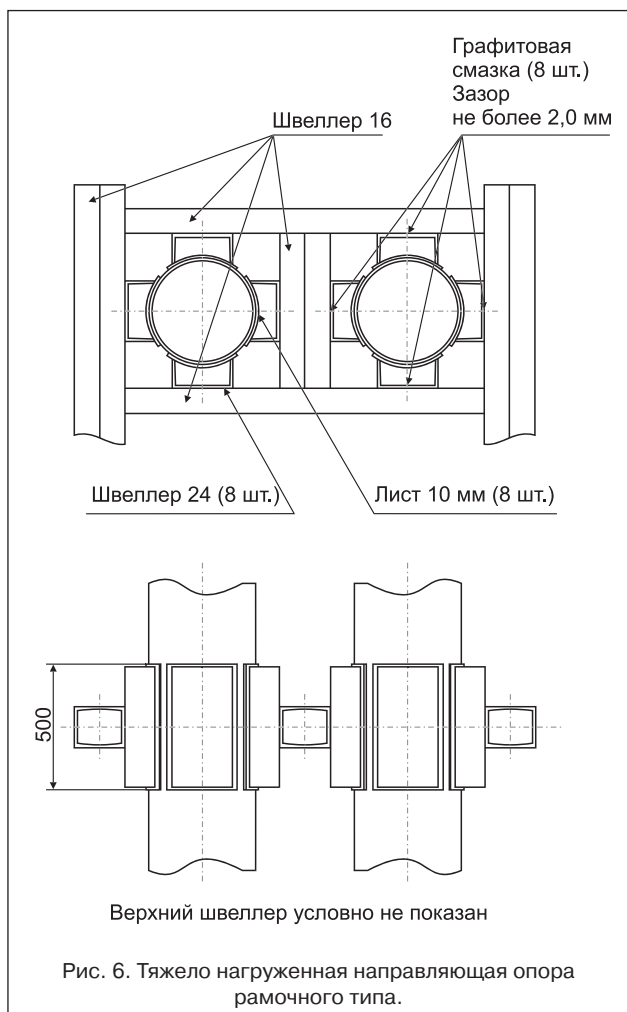


Рис. 6. Тяжело нагруженная направляющая опора рамочного типа.

Допустим, что при строительстве направляющих опор была допущена несоосность патрубков компенсатора 15 мм. Итого имеем $15 - 10 = 5$ мм сдвига свыше значений, допускаемых производителем. Относительная деформация сдвига составит $5/15 = 1/3$. Таким образом, относительная деформация в осевом направлении для нашего случая не должна превышать $1 - 1/3 = 2/3$ от нормального значения, т.е. максимальная компенсирующая способность уменьшится с 200 до 133,3 мм. Если же сильфонный компенсатор, по-прежнему, будет работать с осевой амплитудой 200 мм (т.е. с амплитудой 150% от расчетного максимального значения), то его срок службы снизится в 8-12 раз.

Из рассмотренного примера видно решающее влияние качества исполнения направляющих опор на продолжительность работы сильфонного компенсатора, нуждающегося в направляющих опорах первого типа.

На рис. 4-6 показаны конструкции направляющих опор 1-го вида.

Направляющие опоры первого вида могут быть выполнены как на отдельном фундаменте, так и заделкой в существующие строительные конструкции (лотки, стенки камер и т.д.) при условии обеспечения нормативной боковой нагрузки и обеспечения соосности в заданных пределах.

Направляющие опоры второго вида

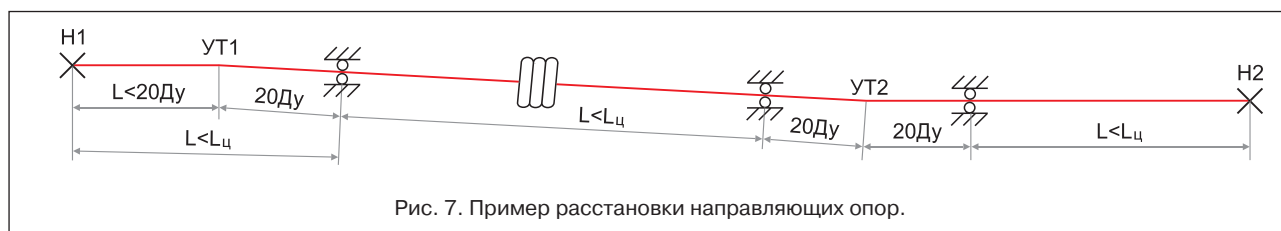
Направляющие опоры второго вида применяются для стабилизации неустойчивого трубопровода и устанавливаются на участках трубопровода, таким образом, чтобы обеспечить достаточную устойчивость трубопровода.

При необходимости, боковые перемещения устойчивого трубопровода могут быть ограничены направляющими опорами второго вида. Например, при опасности опрокидывания трубопровода со скользящих опор и т.д.

Обратим внимание на следующий факт: устойчивость трубопровода вовсе не означает, что трубопровод не совершает боковых перемещений при работе, но в таком случае величина боковых перемещений поддается расчету. Установка направляющих опор первого вида не означает автоматической стабилизации трубопровода.

Усилие P_u , необходимое для нарушения устойчивости участка трубопровода между двумя направляющими опорами второго вида, рассчитывается по формуле (формула выводится аналогично формуле для участка с консольно закрепленными концами с той лишь разницей, что в качестве аппроксимирующей кривой принимается синусоида вместо косинусоиды):

$$P_u = \frac{8 \cdot a_1 \cdot q \cdot l_u^4 + 2 \cdot \pi^5 \cdot E \cdot J \cdot f - \pi^3 \cdot l_u^3 \cdot a_2 \cdot q \cdot f}{2 \cdot \pi \cdot l_u^2 \cdot f} \quad (1)$$



Обозначения аналогичны принятым ранее в статье [1].

Необходимо выбрать такое расстояние между направляющими опорами второго типа $L_{ц}$, чтобы усилие $P_{ц}$ оказалось больше реально действующего сжимающего усилия.

Для вертикальной плоскости, приняв коэффициент $a_1=1$, можно рассчитать устойчивость трубопровода на отрыв от скользящих опор – для определения необходимости установки направляющих опор охватывающего типа и расчета расстояния между ними.

Правила расстановки направляющих опор второго вида.

1. Направляющие опоры второго вида устанавливаются равномерно по длине прямолинейного (отсутствуют изгибы более 3°) участка трубопровода, в количестве, обеспечивающем фактическое расстояние между направляющими опорами 2-го типа и иными ограничительными конструкциями трубопровода не более расчетного значения $L_{ц}$.

2. В случае, если на участке неустойчивого трубопровода имеются углы изгиба более 3° , то боковое перемещение таких изгибов ограничивается установкой направляющих опор, установленных на расстоянии $20Ду$ от угла. Если от угла изгиба на расстоянии $20Ду$ и менее имеется иная ограничительная конструкция, то на этой стороне изгиба направляющая опора второго типа не устанавливается.

3. Боковые перемещения устойчивого трубопровода с углами поворотов могут быть ограничены установкой направляющих опор второго типа согласно настоящим требованиям.

4. Сильфонный компенсатор должен устанавливаться на расстоянии не менее $20Ду$ от направляющей опоры второго вида.

При соблюдении указанных правил приблизительно боковую нагрузку на направляющую опору второго вида можно определить по формуле:

$$F_{бок} = (F_{pp} + F_{ж}) \cdot \alpha / 100, \quad (2)$$

где F_{pp} – распорное усилие от компенсатора при пробном давлении; $F_{ж}$ – усилие от жесткости компенсатора, α – угол изгиба рядом с направляющей опорой (в градусах).

Более точный расчет нагрузок на направляющие опоры можно получить с помощью специализированного программного обеспечения, например – ПО «СТАРТ», но при этом следует помнить, что реальный трубопровод содержит изгибы и от-

клонения, которые чаще всего проектировщики не закладывают в расчетную модель.

При проектировании трубопровода в ПО «СТАРТ» допускается свободная расстановка направляющих опор, при условии задания возможного монтажного отклонения трубопровода.

Рассмотрим расстановку направляющих опор на примере. Имеется неустойчивый трубопровод. На расстоянии $15Ду$ от левой неподвижной опоры Н1 имеется угол поворота 4° УТ1 по часовой стрелке, далее идет прямой участок с сильфонным компенсационным устройством СКУ по ИАНШ.300260.033ТУ, угол поворота 6° УТ2 против часовой стрелки и за ним на расстоянии $60Ду$ – неподвижная опора Н2.

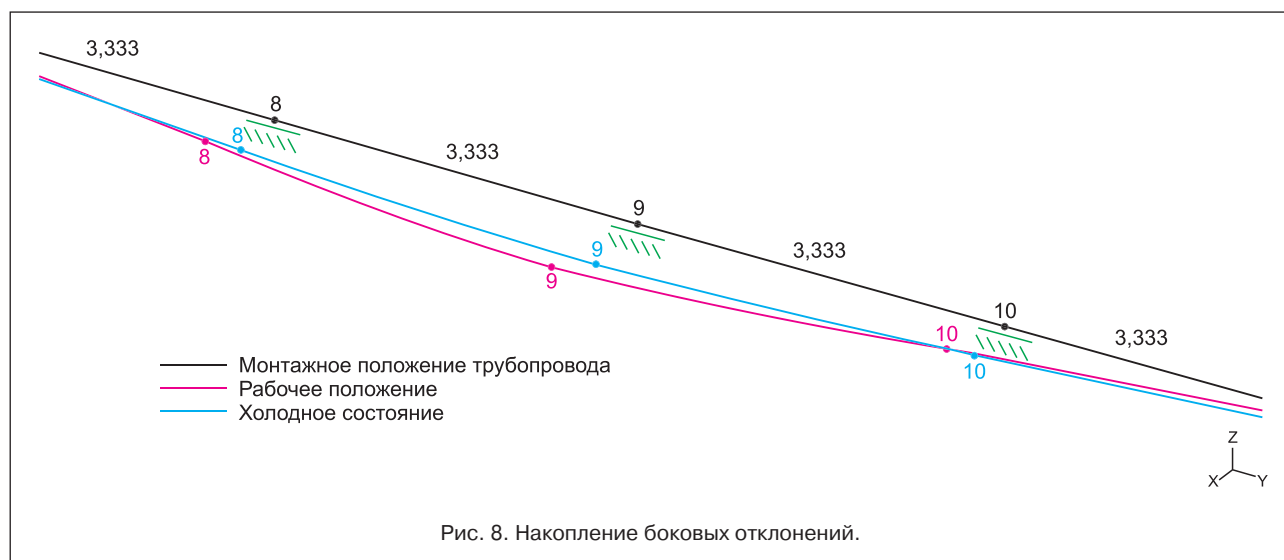
Сначала рассчитываем расстояние $L_{ц}$ (рис. 7).

Так как угол УТ1 расположен на расстоянии менее $20Ду$ от неподвижной опоры Н1, то на этом угле потребуются установить только одну направляющую опору на расстоянии $20Ду$ на правой его части. Проверяем, что расстояние между установленной направляющей опорой и неподвижной опорой Н1 менее $L_{ц}$.

На втором угле УТ2 устанавливаем две направляющие опоры на расстоянии $20Ду$ с каждой его стороны. Проверяем, чтобы расстояние между всеми направляющими опорами и неподвижными опорами не превышало $L_{ц}$ (см. рис. 7).

Как правило, направляющие опоры второго вида воспринимают существенно меньшую нагрузку по сравнению с направляющими опорами первого типа. Так же направляющие опоры второго вида не требуют столь точного соблюдения соосности – погрешности монтажа направляющих опор второго типа компенсируются гибкостью трубопровода. В подавляющем большинстве случаев направляющая опора второго вида необходима лишь для ограничения боковых перемещений и поэтому не требуется охватывающая конструкция такой опоры.

Конструктивно направляющая опора второго вида может представлять собой обычную скользящую опору, к закладной детали которой приварены уголки-бортики с зазором до 5 мм, допускающие свободный осевой ход и ограничивающие боковое перемещение трубопровода. Длина и катет шва должны быть рассчитаны на сопротивление срезу расчетной боковой нагрузкой с коэффициентом запаса не менее 1,3. Конструкция подушки скользящей опоры не должна допускать скольжение подушки по дну



канала при действии расчетной боковой нагрузки.

Такой же конструктив направляющей опоры может применяться и на больших диаметрах при малых изгибах трубопровода, в случае же более значительных боковых нагрузок потребуются усилить конструкцию направляющих элементов, заделкой их в стенки лотка, усиления подушки скользящей опоры, применения рамочных направляющих опор и т.д.

Необходимость в направляющей опоре охватывающего типа определяется результатами расчета на устойчивость в вертикальной плоскости, в котором коэффициент трения в перпендикулярном направлении относительно оси трубопровода принят равным 1,0 [1]. Как показывает практика, практически все трубопроводы с осевыми сильфонными компенсаторами и условным диаметром более 150 мм устойчивы в вертикальной плоскости, благодаря значительной массе трубопровода.

При использовании осевых сильфонных компенсаторов на трубопроводах может проявляться эффект накопления боковых отклонений. Проявляется он следующим образом: при нагревании трубопровода с начальным небольшим отклоне-

нием происходит боковое отклонение оси трубопровода от монтажного положения. При остывании трубопровода из-за способности компенсатора к растяжению трубопровод уже не вернется в свое монтажное положение. Таким образом, следующий цикл нагревания произойдет уже при большем начальном отклонении (рис. 8).

Процесс накопления боковых отклонений может протекать либо до опрокидывания трубопровода со скользящих опор, либо до максимального растяжения компенсатора, либо до тех пор, пока жесткость трубопровода на изгиб не уравновесит систему. По этой причине даже для устойчивых трубопроводов авторы считают целесообразным устанавливать направляющие опоры второго типа на расстоянии не более 100Ду друг от друга.

Литература

1. Кузин Е.В., Логунов В.В., Поляков В.Л. Устойчивость трубопроводов с осевыми сильфонными компенсаторами // *Новости теплоснабжения*. 2011. № 7. С. 42-50.
2. Кузин Е.В., Логунов В.В., Поляков В.Л. О назначенной наработке сильфонных компенсаторов // *Новости теплоснабжения*. 2011. № 3. С. 48-50.

Если Вы читаете этот текст,
значит, реклама в журнале "Новости теплоснабжения"
работает.

Отдел рекламы телефон/факс (495) 231-21-26, сайт www.ntsnn.ru