

**Михалькова Л. А., Щетинин В. С.**  
**L. A. Mikhal'kova, V. S. Shchetinin**

**КОМПЕНСАЦИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ТРУБОПРОВОДОВ  
В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОГО ГРАДИЕНТА ТЕМПЕРАТУР**

**COMPENSATION OF PIPELINE TEMPERATURE DEFORMATIONS UNDER  
THE CONDITIONS OF THE HIGH TEMPERATURE GRADIENT**

**Михалькова Людмила Андреевна** – студентка группы 4ОНб-1 Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (Россия, г. Комсомольск-на-Амуре). E-mail: luda-mikhalkova@mail.ru.

**Ms. Ludmila A. Mikhal'kova** – student of 4EO-1, Komsomolsk-on-Amur state technical University (Russia, Komsomolsk-on-Amur). E-mail: luda-mikhalkova@mail.ru.

**Щетинин Владимир Сергеевич** – доктор технических наук, профессор Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (Россия, г. Комсомольск-на-Амуре). E-mail: schetynin@mail.ru.

**Mr. Vladimir S. Shchetinin** – Doctor of Engineering, professor, Komsomolsk-on-Amur State Technical University (Russia, Komsomolsk-on-Amur). E-mail: schetynin@mail.ru.

**Аннотация.** Статья посвящена исследованию способов компенсации изменения длины трубопроводов под воздействием высокого градиента температур окружающей среды в климатических условиях северных территорий России. Был выполнен анализ различных вариантов решения поставленной задачи, изучены конструкции существующих компенсаторов температурных деформаций, а также рассмотрены материалы, из которых изготовлены данные компенсаторы. В данной статье определены технические задачи и намечены пути дальнейшего исследования в этой области.

**Summary.** The article investigates ways to compensate the elongation or shortening of pipelines under high ambient temperature gradient in the climatic conditions of the Russian northern territories. Analysis of different options to solve this problem was carried on; the structure of existing compensators of temperature deformation was investigated, the materials used for making these compensators were reviewed. Technical problems and ways of further research in this area were identified in this paper.

**Ключевые слова:** компенсация температурных деформаций, деформации трубопроводов, коэффициент температурного расширения, трубопроводы нефтегазовой отрасли.

**Key words:** temperature compensation deformation, deformation of pipelines, thermal expansion coefficient, oil and gas pipelines.

УДК 622.692.4

Жизнь современного человека невозможно представить без топливных ресурсов, которые обеспечивают энергией не только промышленность любой страны мира, но также являются неотъемлемой частью всех сфер жизни общества. Важнейшей частью топливно-энергетического комплекса России являются нефтяной и газовый секторы.

Современное развитие нефтегазовой отрасли происходит на Северных территориях (в Арктике и Западной Сибири). И это не случайно: именно эти территории очень богаты нефтью и газом.

Поиск, добыча и транспортировка этих ценных природных ресурсов осложняется климатом с большой разницей температур, которая летом может достигать +60°, а зимой – до -71° [1]. При таком высоком градиенте температур (100 – 150 °С) и коэффициенте линейного теплового расширения 0,012 мм/(м·°С) [2] 100 м трубопровода из нержавеющей стали могут изменить свой размер на 120 мм. Такое расширение трубопровода обуславливает применение компенсаторов линейных деформаций.

Для более широкого подхода в изучении данной задачи был выполнен анализ современного состояния вопроса, включающий патентные исследования.

На практике применяются различные конструкции компенсаторов температурных деформаций для цилиндрических трубопроводов, изготовляемых из сталей, чугунов, композиционных пластмасс, сплавов, полимеров, бетонов и керамики.

В частности, известна конструкция сифонного компенсатора сдвиговых и угловых перемещений (см. рис. 1) [3], относящаяся к области трубопроводного транспорта. Основным преимуществом данного изобретения является расширение арсенала технических средств. В то же время данный компенсатор имеет ряд значительных недостатков, таких как недостаточные прочность и надежность конструкции, высокая себестоимость, небольшой ассортимент используемых для их изготовления материалов, а также малый срок эксплуатации.

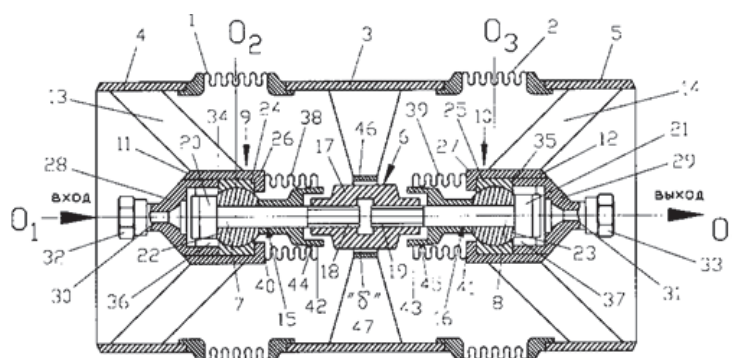


Рис. 1. Эскиз сифонного компенсатора сдвиговых и угловых перемещений

Известна также конструкция многослойного сифонного компенсатора (см. рис. 2) [4], применяемая в трубопроводных системах, транспортирующих высокоагрессивные среды. Это изобретение повышает надежность трубопровода, почти не требуя при этом дополнительного технического оборудования. Однако конструкция данного компенсатора обладает недостаточной прочностью и надежностью, высокой себестоимостью и малым сроком эксплуатации.

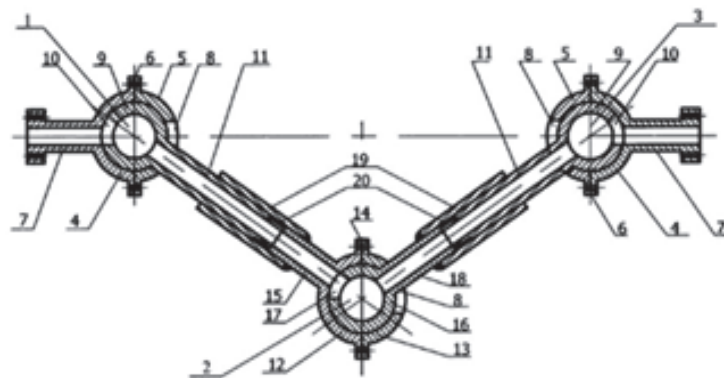


Рис. 2. Эскиз многослойного сифонного компенсатора

Также была рассмотрена конструкция компенсатора для трубопроводов (см. рис. 3) [5], применяемая для компенсации линейных и угловых перемещений участка трубопровода. Данное изобретение позволяет компенсировать большие линейные и угловые перемещения, возникающие в технологических линиях, а также может одновременно воспринимать большие гидростатические нагрузки и надежно работать при значительной частоте изменения компенсирующих размеров. Однако главным недостатком этого компенсатора является технологическая сложность их изготовления для больших диаметров.

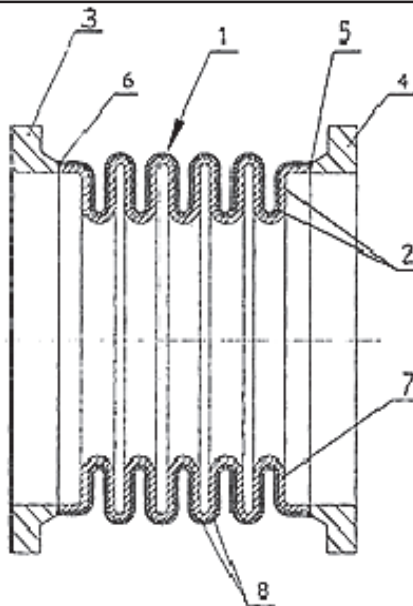


Рис. 3. Эскиз компенсатора для трубопроводов

Компенсация температурных деформаций является важной и актуальной задачей в России, так как нежелательным расширениям подвержены металлические трубопроводы, составляющие 90 % изготавливаемой на территории нашей страны трубной продукции. Из остальных же 10 % труб [6], изготовленных из других материалов, не подвержены удлинению лишь трубопроводы из стеклопластика, коэффициент линейного температурного расширения которого составляет  $9 - 12 (\cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C})$  [7]. Этот факт еще раз доказывает необходимость применения компенсаторов, чей ассортимент в настоящее время очень велик.

По конструктивным особенностям выделяют П-образные, линзовые, волнистые и сальниковые компенсаторы.

Широкое применение при надземной прокладке технологических трубопроводов независимо от их диаметра нашли П-образные компенсаторы. Их преимущество состоит в удобстве эксплуатации и простоте изготовления. Основными недостатками являются значительный расход материала, повышенное гидравлическое сопротивление, а также необходимость сооружения дополнительных опорных конструкций.

В трубопроводах с диаметром 100 – 1600 мм, транспортирующих неагрессивные и малоагрессивные вещества, когда давление не превышает 2,5 МПа, применяются линзовые компенсаторы. По сравнению с П-образными компенсаторами линзовые отличаются небольшими размерами и массой. Несмотря на это достоинство, у компенсаторов этого типа есть существенные недостатки, которые заключаются в небольших допускаемых давлениях, малой компенсирующей способности и больших распорных усилиях, передаваемых на неподвижные опоры.

При температуре в пределах от  $-70$  до  $+700$  °С и давлении до 6,3 МПа надежно работают волнистые компенсаторы. Эти компенсаторы имеют значительные преимущества по сравнению с П-образными: на 15 – 25 % меньший расход труб и тепловой изоляции, сравнительно малое гидравлическое сопротивление, а также относительно малое количество опор и опорных конструкций, поддерживающих трубопровод. Применение волнистых компенсаторов вместо линзовых расширяет диапазон допускаемых давлений, увеличивает компенсирующую способность, а также значительно уменьшает продольные усилия, передаваемые на неподвижные опоры.

В случае работы трубопровода диаметром 100 – 1000 мм при давлении до 1,6 МПа и температуре до 300 °С используют сальниковые компенсаторы, отличающиеся высокой компенсирующей способностью и небольшими размерами. Однако применение таких компенсаторов не допускается в трубопроводах горючих, токсичных и сжиженных газов из-за трудности герметизации саль-

никовых уплотнений. Также к основным недостаткам сальниковых компенсаторов относятся необходимость систематического наблюдения и ухода за ними в процессе эксплуатации, сравнительно быстрый износ сальниковой набивки и, как следствие, отсутствие надежной герметичности [8].

Изучив данный материал, можно сделать вывод, что наиболее приемлемыми компенсаторами, используемыми для нефтегазовых трубопроводов в районах с высоким градиентом температур, являются волнистые. Однако такие компенсаторы применяются при диаметрах труб до 400 мм [9], а изготовление компенсаторов для труб больших диаметров сопровождается технологическими трудностями. Данное обстоятельство обуславливает проведение дальнейших научных исследований для поиска эффективных технологий по изготовлению таких видов компенсаторов, а также проведения исследований по применению новых материалов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Экологический Центр «Экосистема». Физическая география России и СССР / А. С. Боголюбов [Электронный ресурс] [2001-2016]. – Режим доступа: <http://www.ecosystema.ru/08nature/world/geoussr/2-2-2.htm> (дата обращения 13.01.2017).
2. Thermalinfo.ru [Электронный ресурс]: Коэффициенты линейного расширения строительных материалов [2012-2017]. – Режим доступа: <http://thermalinfo.ru/strojmaterialy/koeffitientsienty-temperaturnogo-rasshireniya-ctr-stroitelnyh-materialov> (дата обращения 08.02.2017).
3. Пат. 2249750 Российская Федерация МПК<sup>7</sup> F 16 L 51/03. Сильфонный компенсатор сдвиговых и угловых перемещений / Исхаков Р. Г., Хангильдин Т. В., Вычеров А. Н., Полушин В. Г. – № 2002127297/06; заявл. 14.10.2002; опубл. 10.04.2005. Бюл. № 10. – 8 с.
4. Пат. 2272954 Российская Федерация МПК<sup>7</sup> F 16L 51/02. Многослойный сильфонный компенсатор / Полушин В. Г., Семенов В. Н., Бобков В. И., Зыков М. И. – № 2002134729/06; заявл. 27.09.2004; опубл. 27.03.2006. Бюл. № 9. – 5 с.
5. Пат. 2265769 Российская Федерация МПК<sup>7</sup> F 16 L 51/00. Компенсатор для трубопроводов / заявители Чавевский М. И., Бледнова Ж. М., Вотинов А. В., Стрелевский Д. А.; патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кубанский государственный технологический университет». – № 2004128659/06; заявл. 27.09.2004; опубл. 10.12.2005. Бюл. № 34. – 5 с.
6. KLAG.RU. Строительный портал [Электронный ресурс] [2009 – 2014]. – Режим доступа: <http://www.klag.ru/analyst/detail.php?ID=15300> (дата обращения 09.02.2017).
7. ГОСТы, СНиПы, СанПиНы – Нормативные документы – Стандарты [Электронный ресурс]: Выбор материалов для окон // Ценообразование и сметное нормирование в строительстве. – 2009. – № 11. – Режим доступа: <http://base1.gostedu.ru/58/58443/> (дата обращения 09.02.2017).
8. Помощь по ГОСТам [Электронный ресурс]: Технологические трубопроводы нефтебаз. Государственный комитет Российской Федерации по высшему образованию: справ. издание / Земенков Ю. Д., Малюшин Н. А., Маркова Л. М., Лощинин А. Е. – Тюмень, 1994. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gosthelp.ru/text/technologicheskietruboprov.html> (дата обращения 09.02.2017).
9. ПромЭнергоСтрой. Инженерные системы: Компенсаторы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://service-teplo.ru/?page\\_id=962](http://service-teplo.ru/?page_id=962) (дата обращения 09.02.2017).