

## Компенсация температурных удлинений в системах централизованного горячего водоснабжения изготовленных из полиэтиленовых трубопроводов

*А.В. Рубцов, П.П. Кондауров*

*Волгоградский государственный технический университет Институт  
архитектуры и строительства*

**Аннотация:** В статье рассматривается сравнение полиэтиленовых трубопроводов и стальных. Приведено определение коэффициента температурного линейного расширения для полиэтиленовых трубопроводов. Был проведен анализ существующих методик по определению линейных размеров компенсаторов и их компенсирующей способности. Анализ полученных зависимостей показал, что расчетная компенсирующая способность, в ряде случаев, превышает геометрические размеры компенсатора. Определена методика определения компенсирующей способности.

**Ключевые слова:** коэффициент температурного линейного расширения, линейный размер компенсатора, полиэтиленовый трубопровод, компенсирующая способность.

В настоящее время, в большинстве крупных городов, снабжение горячей водой потребителей осуществляется от центральных тепловых пунктов (ЦТП) с распределением по сетям централизованного горячего водоснабжения. На пример город Волгоград имеет 319 ЦТП с суммарной протяженностью сетей горячего водоснабжения – 396 км. Большая часть сетей выполнена из стальных оцинкованных трубопроводов по ГОСТ 3262-75\*. Процент износа составляет 67%, при среднем сроке службы не более 10 лет. Малый срок службы связан с отсутствием химической подготовки и деаэрации исходной воды, как следствие, высокая скорость коррозии материала труб и отложения солей жесткости на стенках трубопровода.

Альтернативой стальным трубопроводам в системах горячего водоснабжения могут стать полиэтиленовые трубопроводы из термопластов PE-RT по ГОСТ 32415-2013. К преимуществам полиэтиленов трубопроводов можно отнести:

- коррозионную устойчивость, что обеспечивает стабильные гидравлические характеристики и герметичность системы на протяжении всего срока службы, который составляет 50 лет;
- диэлектрические свойства, препятствующие протеканию электрической коррозии;
- пластичность, которая позволяет выполнять монтаж трубопроводов с использованием специальных фитингов ускоряющих монтаж, а также обеспечивается минимальная вероятность разрушения трубопровода при замерзании жидкости;
- плотность материала в 10 раз меньше чем у стали, поэтому трубы имеют малый вес и не требуют тяжелого подъемного оборудования при монтаже и транспортировке. Небольшой вес облегчает монтажные работы, особенно в стесненных условиях.
- низкая теплопроводность ( $0,36 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$ ), что позволяет уменьшить толщину тепловой изоляции по сравнению со стальными трубопроводами.

К недостаткам можно отнести: низкую стойкость к механическим повреждениям, горючесть материала трубопровода, кислородопроницаемость.

Существенным препятствием для широкого использования таких трубопроводов в технике теплоснабжения является высокий коэффициент температурного линейного расширения. Так же отсутствуют справочные данные необходимые для выполнения механического расчета трубопроводов из термопластов, в частности нет информации о предельных расстояниях между неподвижными опорами при канальной и внутренней прокладке, отсутствует методика определения линейных размеров радиальных компенсаторов. В связи с этим авторами были проведены натурные эксперименты для получения требуемых данных.

---

Исследования проводились для полиэтиленового трубопровода PE-RT диаметром 32 мм и 40 мм. Диапазон температур от 31 до 85 °С. Измерение температурного удлинения выполнялось индикатором часового типа ИЧ 10 ГОСТ 577-68, класс точности 1.

Анализ полученных данных показал, что экспериментальные значения не значительно отличаются от значений заявленных заводом-изготовителем,  $1,8 \cdot 10^{-4}/\text{K}$ .

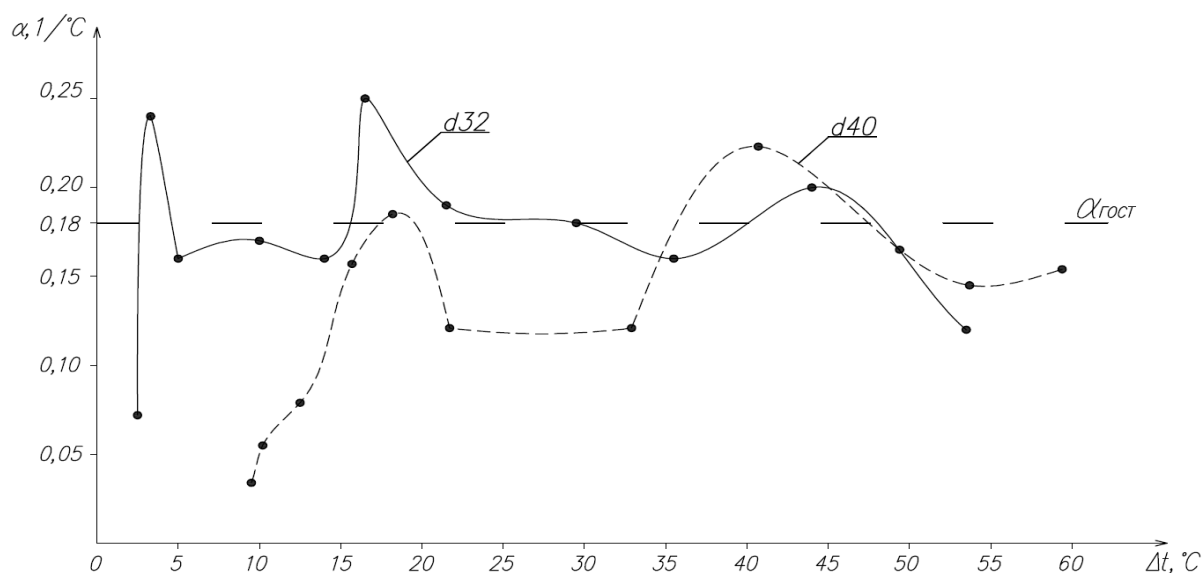


Рис. 1. –Экспериментальные значения коэффициента теплового линейного расширения

Ввиду значительной разницы между коэффициентами линейного расширения полиэтилена и стали (более чем в 15 раз), требуется другой подход в части методов компенсации температурных деформаций.

При бесканальной прокладке полиэтиленовых трубопроводов, предусматривается режим работы трубопровода с возникновением знакопеременных усилий в теле трубы, без монтажа дополнительных компенсирующих устройств. Прокладка трубопроводов в подвалах зданий (системы ГВС) и канальная прокладка требует компенсации линейных

удлинений. Один из вариантов – использование радиальных компенсаторов (П, Г - образных) [1,2].

Был проведен анализ существующих методик по определению линейных размеров компенсаторов и их компенсирующей способности.

В соответствии с СП 40-102-2000 компенсирующая способность П-образного компенсатора определяется по формуле:

$$\Delta l = \frac{[\sigma]}{0,25E_0hD} (9,4r^3 + 14,9r^2b + 7,8b^2 + 1,3b^3), \quad (1)$$

где  $\Delta l$  – максимально допустимое продольное перемещение трубопровода от действия температуры, которое может быть воспринято компенсатором, м;

$h$  – вылет компенсатора, м;

$r$  – радиус изгиба отводов компенсатора, м;

$b$  – длина прямого участка компенсатора, м;

$D$  – наружный диаметр труб, м;

$[\sigma]$  – допустимое напряжение из условий длительной прочности, МПа.

Результаты расчета приведены на рис.3,4.

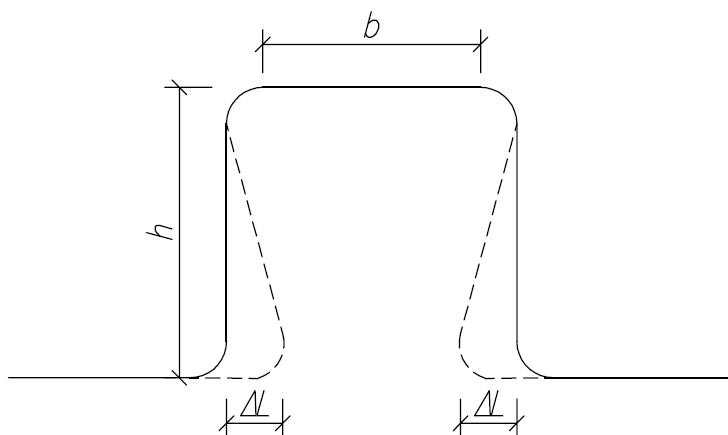


Рис. 2. – Схема П-образного компенсатора

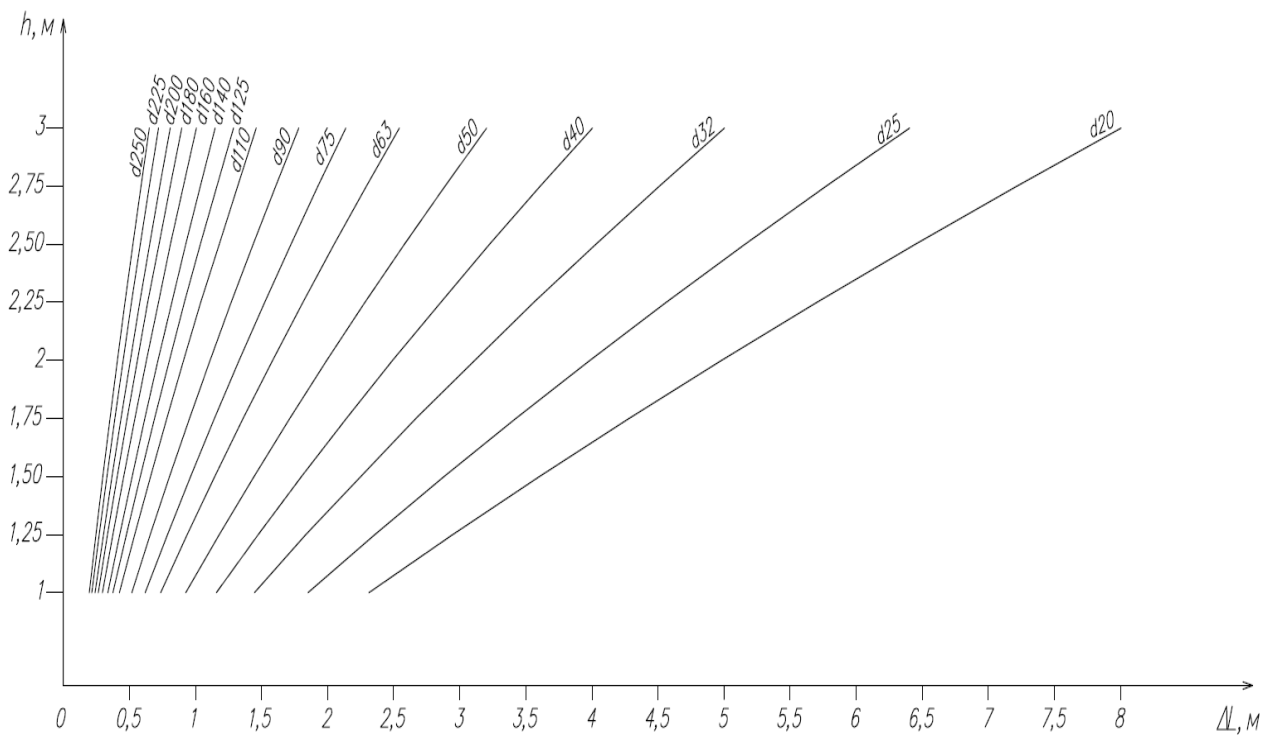


Рис. 3. – График компенсирующей способности П-образного компенсатора при соотношении  $b/h = 0,5$

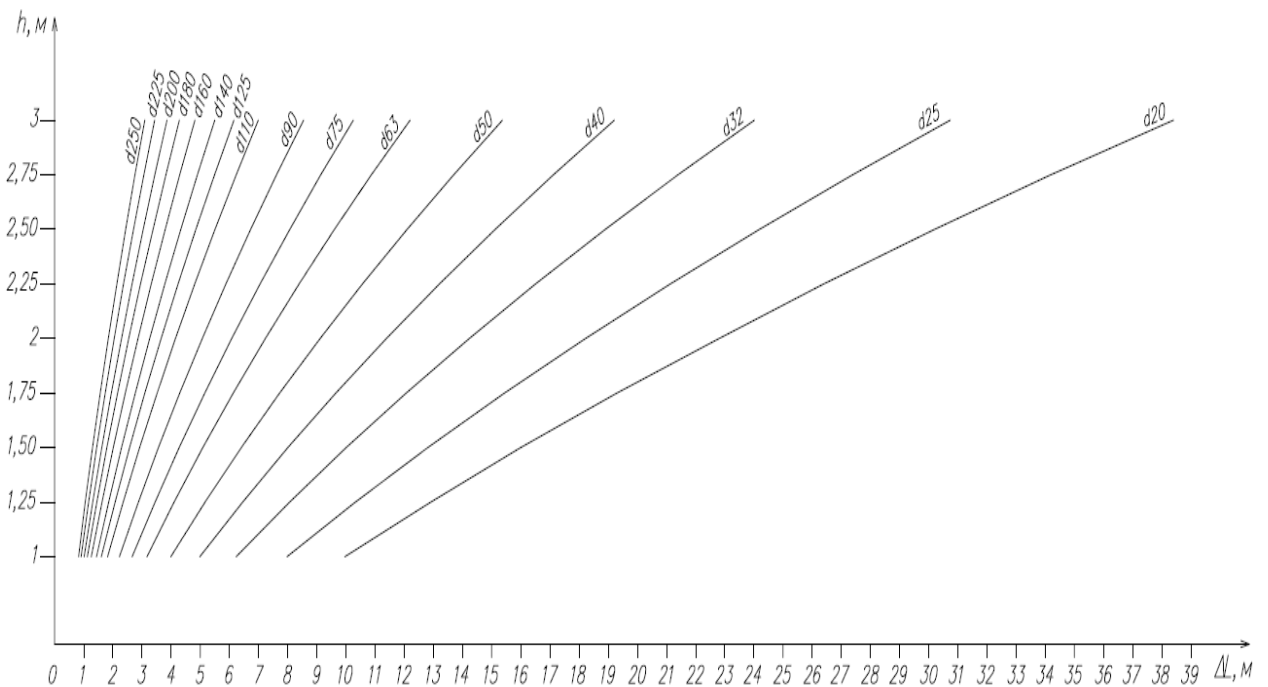


Рис. 4. – График компенсирующей способности П-образного компенсатора при соотношении  $b/h = 1$

Анализ полученных зависимостей показал, что расчетная компенсирующая способность, в ряде случаев, превышает геометрические размеры компенсатора [3]. Например, компенсирующая способность компенсатора с размерами  $h/b=2/1$  м для трубы диаметром 110 мм соответствует 0,9 м, что невозможно добиться на практике, так как ширина полки всего 1 м. Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что данная методика не подходит для применения на практике.

Минимально допустимый радиус изгиба полиэтиленовой трубы равен 25 диаметров. В этом случае идеальной конфигурацией радиального компенсатора был бы компенсатор петлеобразной формы. Изготовление такого компенсатора невозможно в полевых условиях, поэтому можно допустить, что П-образный компенсатор с параметрами  $h = b = 25d$ , приближен к эталонной форме.

Ввиду особенностей монтажа П-образного компенсатора из полиэтиленовых труб с использованием фитингов, его компенсирующая способность не может быть больше чем  $1/2$  от ширины полки компенсатора, то есть  $\Delta L = 12d$ .

Исходя, из этих условий были рассчитаны параметры компенсаторов и их компенсирующая способность в зависимости от диаметра.

Результаты сведены в таблицу 1.

Таблица № 1

Линейные размеры компенсатора

Вылет, полка компенсатора, $h = b=25d$ , м	Наружный диаметр трубопровода, $d$ , мм	Компенсирующая способность компенсатора, $\Delta L$ , мм
0,25	10	120
0,30	12	144
0,40	16	192



---

0,50	20	240
0,63	25	300
0,80	32	384
1	40	480
1,25	50	600
1,58	63	756
1,88	75	900
2,25	90	1080
2,75	110	1320
3,13	125	1500
3,50	140	1680
4	160	1920
4,50	180	2160
5	200	2400
5,63	225	2700
6,25	250	3000

Полученные значения по компенсирующей способности хорошо коррелируются с экспериментальными данными, полученными при проведении натуральных опытов для диаметров трубопроводов 32, 40, 50 мм.

### Литература

1. Беляйкина И.В., Витальев В.П., Громов Н.К. Водяные тепловые сети: Справочное пособие по проектированию. М.: Энергоатомиздат, 1988. 376 с.
2. Ионин А.А., Хлыбов Б.М., Братенков Б.М., Терлецкая Е.Н. Теплоснабжение. М.: Стройиздат, 1982. 336 с.
3. Окопный Ю.А., Радин В.П., Чирков В.П. Механика материалов и конструкций. М.: Машиностроение, 2001. 408 с.

4. Серебренников А. А., Лавров И. Г. Определение допустимых радиусов изгиба труб из полиэтилена ПЭ80 в зависимости от температурного фактора // Нефть и газ, 2007, № 2, 42-44 с.

5. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. 7 изд. М.: МЭИ, 2001. 472 с.

6. Бабенко Ф.И., Федоров Ю.Ю., Саввина А.В. Температурные ограничения по применению армированных полиэтиленовых труб для газопроводов в условиях холодного климата // Инженерный вестник Дона, 2015, №3 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n3y2015/3102.

7. Саввинова М.Е., Петухова Е.С. Выбор перспективных наполнителей для полиэтиленов ПЭ80Б и ПЭ2НТ11 // Инженерный вестник Дона, 2013, №1 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n1y2013/1518.

8. Методические рекомендации по проектированию и монтажу системы трубопроводов Chevron Thermo, 2016. 46с.

9. Boros S. Long-term hydrostatic strength and design of thermoplastic piping compounds // Journal of ASTM International. 2011. Vol. 8, Iss. 9. pp. 57-72.

10. Fallatah G., Dobbs N., Gibson A. Long term creep and stress rupture of aramid fibre // Plastics, Rubber and Composites. 2007. Vol. 36, № 9. pp. 403-412.

11. Venkatraman S., Kleiner L. Properties of three types of crosslinked polyethylene // Advances in Polymer Technology. 1989. Vol. 9, Iss. 3. pp. 265-270.

### References

1. Belyaykina I.V., Vital'ev V.P., Gromov N.K. Vodyanye teplovye seti: Spravochnoe posobie po proektirovaniyu [Water heating networks: a design reference manual]. М.: Energoatomizdat, 1988. 376 p.

2. Ionin A.A., Khlybov B.M., Bratenkov B.M., Terletsкая E.N. Teplosnabzhenie [Heat supply]. М.: Stroyizdat, 1982. 336 p.





3. Okopnyy Yu.A., Radin V.P., Chirkov V.P. Mekhanika materialov i konstruktsiy [Mechanics of materials and structures]. M.: Mashinostroenie, 2001. 408 p.
4. Serebrennikov A. A., Lavrov I. G. Neft' i gaz, 2007, № 2, 42-44 pp.
5. Sokolov E.Ya. Teplofikatsiya i teplovye seti [Heat and heat networks]. 7 izd. M.: MEI, 2001. 472 p.
6. Babenko F.I., Fedorov Yu.Yu., Savvina A.V. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2015, №3. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n3y2015/3102/](http://ivdon.ru/magazine/archive/n3y2015/3102/).
7. Savvinova M.E., Petukhova E.S. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №1. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n1y2013/1518/](http://ivdon.ru/magazine/archive/n1y2013/1518/).
8. Metodicheskie rekomendatsii po proektirovaniyu i montazhu sistemy truboprovodov [Guidelines for the design and installation of piping systems]. Chevron Thermo, 2016. 46s.
9. Boros S. Journal of ASTM International. 2011. Vol. 8, Iss. 9. pp. 57-72.
10. Fallatah G., Dobbs N., Gibson A. Plastics, Rubber and Composites. 2007. Vol. 36, № 9. pp. 403-412.
11. Venkatraman S., Kleiner L. Advances in Polymer Technology. 1989. Vol. 9, Iss. 3. pp. 265-270.