

УДК 691.328.5

DOI: 10.21209/2227-9245-2017-23-8-54-60

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АСБЕСТОЦЕМЕНТНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ С ОКРУЖАЮЩИМ ГРУНТОМ

### STUDY OF THE INTERACTION OF ASBESTOS CEMENT PIPELINES WITH SURROUNDING SOIL



*В. С. Очиров, Восточно-Сибирский государственный университет  
технологии и управления, г. Улан-Удэ  
ochirov680208@yaundex.ru*

*V. Ochirov, East-Siberian State University of Technology and Management, Ulan-Ude*

Проведены исследования взаимодействия асбестоцементной трубы, заложенной в грунт, с окружающим грунтом. Взаимодействие «труба-грунт» зависит от жесткости и гибкости труб, которые, в свою очередь, характеризуют возникающее напряжение при различных условиях прокладки. Окружающий грунт является для асбестоцементных трубопроводов постоянной нагрузкой, в которых происходит и температурная деформация. На величину и распределение нагрузок, передающихся на асбестоцементные трубопроводы, оказывает влияние характеристика грунта, способ, глубина заложения, опора на основание и место прокладки.

Результаты исследования показали, что в зависимости от диаметров асбестоцементных труб, типа и плотности грунтов, динамичности проезжей части асбестоцементные трубопроводы обладают 35...50 % запасом прочности при подземной бесканальной прокладке и 100 % запасом прочности при прокладке их в каналах на глубине заложения от 0,8 м и более.

При оценке качества тепловых сетей важную роль играют их тепловые потери, которые в основном зависят от температуры теплоносителя, теплозащитных свойств и толщины изоляции, температурно-влажностных условий эксплуатации.

Из всех типов изоляции засыпная является наиболее простой и менее затратной, т.к. она сводит к минимуму технологические процессы по ее устройству, ускоряет и удешевляет производство работ

*Ключевые слова: асбестоцемент; трубопровод; грунт; нагрузка; напряжение; температурная деформация; тепловые сети; коррозия; прокладка; глубина заложения*

The study of interaction system between the asbestos cement pipe, laid in the ground with the surrounding soil is carried out. The interaction of the “pipe-soil” depends on the stiffness and flexibility of the pipes, which in turn characterize the tension under different conditions of laying. The surrounding ground is for asbestos cement piping a constant load, in which thermal deformation takes place. The magnitude and distribution of loads transmitted on asbestos-cement pipelines is influenced by characteristics of soil, laying depth method, reliance on the base and routing.

The results of the research showed that, depending on the diameters of the asbestos-cement pipes, the type and density of soils, dynamism of the carriageway, the asbestos-cement pipelines have a 35...50 % safety factor with an underground non-channel gasket and 100 % safety margin when laying them in channels at a depth from 0,8 m and more.

When assessing the quality of thermal networks, their heat losses play an important role, which mainly depends on the temperature of the coolant, heat-shielding properties and thickness of insulation, and temperature and humidity conditions of operation.

Of all types of insulation, the backfill is the simplest and less expensive, since it minimizes the technological processes thanks to its design, accelerates and reduces the cost of production

*Key words: asbestos; pipeline; soil; load; voltage; temperature deformation; heating network; corrosion; gasket; bed depth*

Механические характеристики заложенной в грунт асбестоцементной трубы могут быть оценены через рассмотрение системы взаимодействия «труба-грунт», т.е. взаимодействие труб с окружающим грунтом зависит от их жесткости или гибкости, которые, в свою очередь, характеризуют возникающие напряжения при различных условиях закладки.

В отличие от тепловых сетей, проложенных в проходных и непроходных каналах, расчётная схема бесканальных асбестоцементных теплопроводов должна отражать их взаимодействие с окружающим грунтом. Окружающий грунт является

для асбестоцементных теплопроводов постоянной нагрузкой, а также окружающей средой, в которой происходит температурная деформация. На величину и распределение нагрузок, передающихся на асбестоцементные трубопроводы, оказывает влияние характеристика грунта, способ и глубина укладки трубы, опора на основание и место прокладки.

При расчёте асбестоцементных теплопроводов, проложенных бесканальным способом, учитывались следующие нагрузки и воздействия, представленные в табл. 1 и рис. 1.

Таблица 1/Table 1

**Нагрузки и воздействия на трубопровод/Loads and effects on the pipeline**

Вид/View	№ п/п	Характеристика/Characteristics
Постоянные/ Constant	1	Собственный вес труб, деталей, арматуры и устройств/Own weight of pipes, parts, fittings and equipments
	2	Вес изоляции/Insulation weight
	3	Вес и давление грунта/Soil weight and pressure
	4	Предварительная растяжка от температурного и влажностного воздействия/Preliminary stretching from temperature and humidity influence
	5	Внутреннее давление/Internal pressure

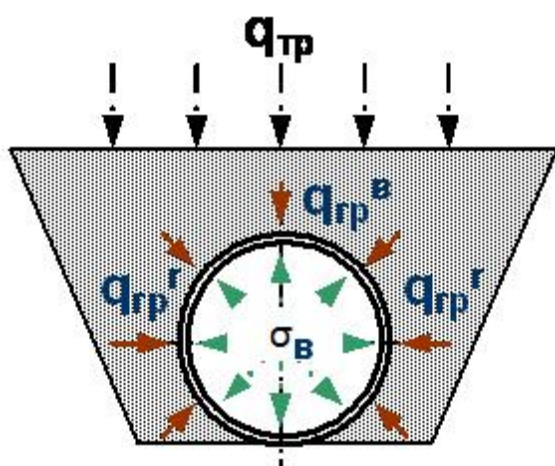


Рис. 1. Силовые факторы, воздействующие на трубу  
Fig. 1. Force factors affecting the pipe

Расчет производится в соответствии с методикой, изложенной в журнале «Строительный эксперт» [1].

На трубу, уложенную в траншею с вертикальными стенками, оказывает давление вес обратной засыпки. При оседании засыпки между ней и стенками траншеи возникают силы трения, которые воспринимают часть веса засыпки, расположенной выше трубы. Остальная часть передаётся на трубу и на засыпку, заполняющую пазухи. Максимальная и минимальная глубина заложения зависят от типа трубы и условий укладки.

Произведены расчеты всех силовых факторов, воздействующих на трубу, находящейся в грунте (рис. 1): давление грунта

с учетом веса трубопровода и теплоносителя, от автомобильного транспорта.

Нормативная вертикальная нагрузка от давления грунта на глубину  $h$ ,  $тс/м^2$ , нормативная горизонтальная нагрузка,  $тс/м^2$ , общая нагрузка от давления грунта и давления от колонны большегрузных автомобилей определялись расчетом [4].

Внешние нагрузки, воздействующие на трубопровод, определены для всего номенклатурного ряда асбестоцементных тру-

бопроводов [3], при различных глубинах залегания трубопровода и типах грунта.

Собственный вес трубы и теплоносителя является равномерно распределенной по оси трубопровода нагрузкой и действует вертикально вниз.

По расчётным данным строим график, показывающий характер воздействия нагрузок на трубопровод, при самых неблагоприятных условиях, т.е. в особо плотных грунтах и без учета дорожного покрытия (рис. 2).

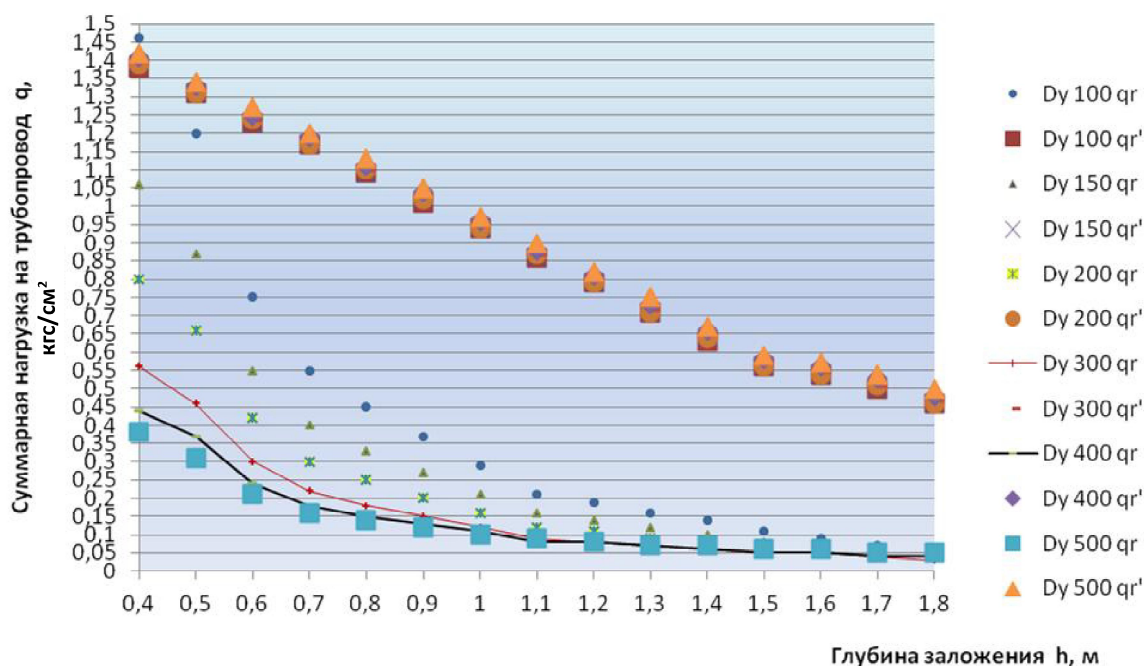


Рис. 2. Характер воздействия нагрузок на асбестоцементный трубопровод в зависимости от глубины заложения/

Fig. 2. The nature of the loads' impact on the asbestos-cement pipeline, depending on the depth of the deposit

Расчётную нагрузку от внешних воздействий сравниваем с минимальной разрушающей нагрузкой на раздавливание,  $кгс/см^2$ , вычисленной по формуле [3]

$$\sigma_{iz} = \frac{2.547 \cdot F \cdot l \cdot (d + 2 \cdot s)}{(d + 2 \cdot s) - d},$$

где  $F$  – минимальная разрушающая нагрузка,  $кгс$ ;

$l$  – длина расчётной асбестоцементной трубы,  $м$ ;

$s$  – толщина стенки трубы,  $м$ ;

$d_a$  – внутренний диаметр асбестоцементной трубы,  $м$ .

Нагрузка от давления грунта на трубопровод возрастает по линейной зависимости, наименьшее давление наблюдается на глубине залегания  $0,4$   $м$ , наибольшее – на глубине  $1,8$   $м$ ; динамическая нагрузка, которая передается трубопроводу через грунт от наземного транспорта, имеет обратный характер, т.е. данная нагрузка затухает по гиперболической кривой и с увеличением глубины стремится к нулю. На глубине заложения  $0,9...1,2$   $м$ , в зависимости от диаметра трубы, нагрузки от проезжающего транспорта компенсируются толщиной насыпанного сверху трубопровода грунта (рис. 3).

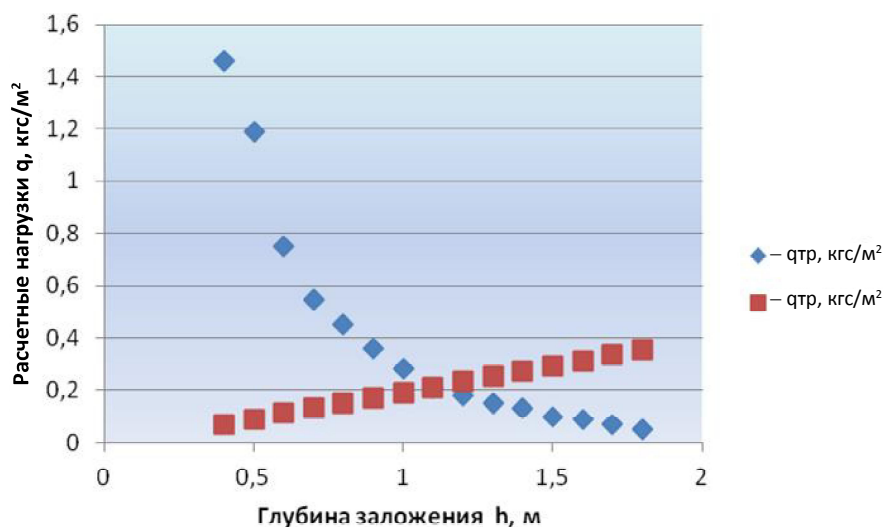


Рис. 3. Характер воздействия нагрузок/ Fig. 3. Nature of loads' impact

Сравнивая расчётную нагрузку от внешних воздействий с минимальной разрушающей нагрузкой на раздавливание [2], нами выявлено, что создаваемая нагрузка от давления грунта совместно с нагрузкой на трубопровод от собственного веса трубопровода, проезжающего транспорта несоизмеримо мала по сравнению с минимальной разрушающей нагрузкой для асбестоцементных труб.

В качестве засыпных теплоизоляционных материалов могут применяться мате-

риалы, обладающие небольшой объемной массой, хорошими теплоизоляционными свойствами, достаточной прочностью, малой величиной водопоглощения и стойкостью в условиях высокой температуры и влажности. Всем этим требованиям в достаточном количестве удовлетворяет шлак котельный, который в любом количестве присутствует в любой сельской местности.

Результаты расчета температуры в любой точке грунта для двухтрубного теплопровода представлены на рис. 4, 5, 6.

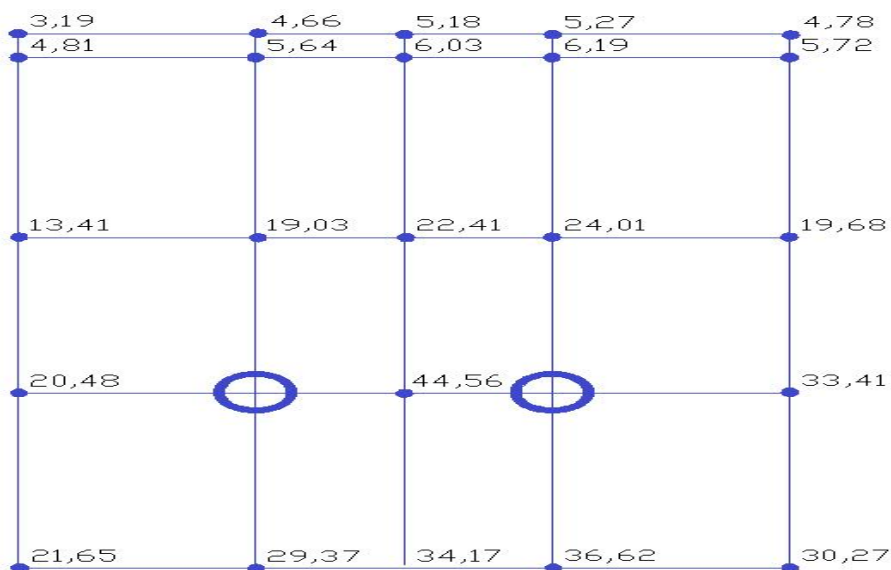


Рис. 4. Температурные поля вокруг неизолированных асбестоцементных трубопроводов/ Fig. 4. Temperature fields around uninsulated asbestos cement pipelines

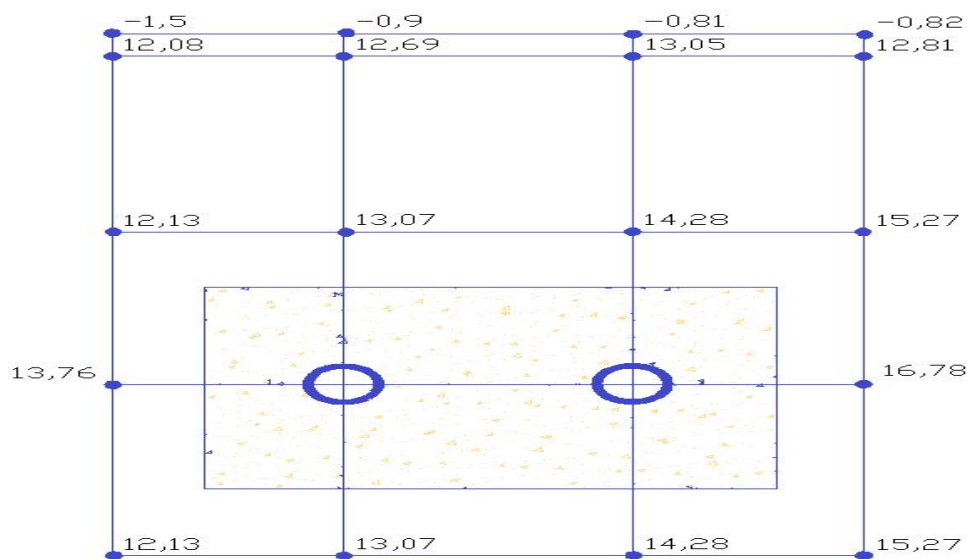


Рис. 5. Температурные поля вокруг асбестоцементных трубопроводов в засыпной изоляции  
 Fig. 5. Temperature fields around asbestos-cement pipelines in backfill insulation

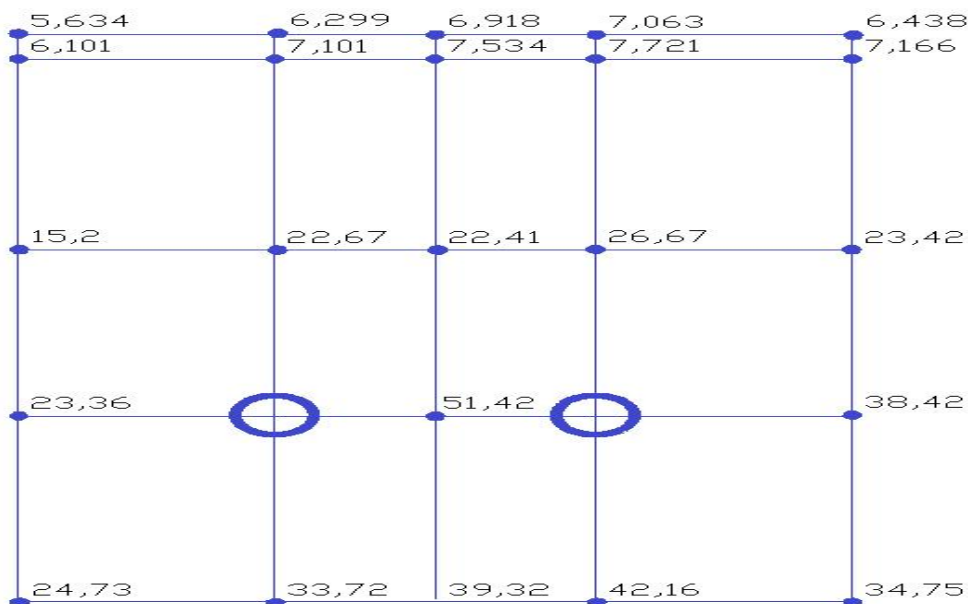


Рис. 6. Температурные поля вокруг неизолированных стальных трубопроводов  
 Fig. 6. Temperature fields around uninsulated steel pipelines

Результаты исследования показали, что в зависимости от диаметров асбестоцементных труб, типа и плотности грунтов, динамичности проезжей части асбестоцементные трубопроводы обладают 35...50 % запасом прочности при подземной беска-

нальной прокладке и 100 % запасом прочности при прокладке их в каналах на глубине заложения от 0,8 м и более.

При оценке качества тепловых сетей важную роль играют их тепловые потери, которые в основном зависят от температу-

ры теплоносителя, теплозащитных свойств и толщины изоляции, температурно-влажностных условий эксплуатации.

Из всех типов изоляции засыпная является наиболее простой и менее затратной, т.к. она сводит к минимуму технологические процессы по ее устройству, ускоряет и удешевляет производство работ.

В свое время этот тип изоляции не получил широкого распространения по причине усиленной подверженности стальных труб коррозии.

В случае строительства тепловых сетей из асбестоцементных труб применение засыпной изоляции вполне целесообразно.

## Список литературы

1. Асбестоцемент возвращается тихо // Строительный эксперт. 2002. № 6. С. 7.
2. Асбестоцементные трубы для теплопроводов // Строительный эксперт. 2002. № 5. С. 15.
3. Бородин И. В. Асбестоцементные трубопроводы. М.: Строиздат, 1971. 192 с.
4. Витальев В. П. Бесканальная прокладка тепловых сетей. М.: Энергия, 1971.
5. Водяные тепловые сети // Под ред. Н. К. Громова, Е. П. Шубина. М.: Энергоатомиздат, 1988.
6. Жуков А. Д., Нейман С. М., Раднаева С. Ж. Эксплуатационная стойкость хризотилцементных труб // Вестник МГСУ. 2013. № 3. С. 127–134.
7. Механические свойства, 2015 [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.443/4\\_164141\\_gazo-i-paropronitsaemost.html](https://www.443/4_164141_gazo-i-paropronitsaemost.html) (дата обращения: 03.08.2017).
8. Определение прочности на сжатие 2015 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.mylektsii.ru/3-98892.html> (дата обращения: 03.08.2017).
9. Раднаева С. Ж. Воздействие высоких температур на прочностные характеристики асбестоцементной трубы // Вестник ВСГУТУ. 2010. № 2 (29). С. 45–50.
10. Трубы и фитинги // Сантехника и водоснабжение. 2002. № 11.

## References

1. *Stroitelnyy ekspert* (Building expert), 2002, no. 6, p. 7.
2. *Stroitelnyy ekspert* (Building expert), 2002, no. 5, p. 15.
3. Borodin I. V. *Asbestotsementnyye truboprovody* [Asbestos-cement pipelines]. Moscow: Stroizdat, 1971. 192 p.
4. Vitaliev V. P. *Beskanalnaya prokladka teplovykh setey* [Channelless laying of heat networks]. Moscow: Energiya, 1971.
5. *Vodyanye teplovye seti* [Water heating networks]; Ed. N. K. Gromov, E. Shubin. Moscow: Energoatomizdat, 1988.
6. Zhukov A. D., Neiman S. M., Radnaeva S. Zh. *Vestnik MGSU* (Bulletin of the MGSU), 2013, no. 3, pp. 127–134.
7. *Mekhanicheskie svoystva* (Mechanical properties), 2015 Available at: [https://www.443/4\\_164141\\_gazo-i-paropronitsaemost.html](https://www.443/4_164141_gazo-i-paropronitsaemost.html) (Date of access: 03.08.2017).
8. *Opredelenie prochnosti na szhatie* (Determination of compressive strength) 2015 Available at: <http://www.mylektsii.ru/3-98892.html> (Date of access: 03.08.2017).
9. Radnaeva S. Zh. *Vestnik VSGUTU* (Bulletin of the SAGUTU), 2010, no. 2 (29), pp. 45–50.
10. *Santehnika i vodosnabzhenie* (Sanitary engineering and water supply), 2002, no. 11.

## Коротко об авторе

## Briefly about the author

**Очиров Вячеслав Санжиевич**, д-р техн. наук, профессор кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция», Восточно-Сибирский государственный университет управления и технологий, г. Улан-Удэ, Россия. Область научных интересов: геоэкология  
ochirov680208yandex.ru

**Vyacheslav Ochirov**, doctor of technical sciences, professor, Heat and Gas Supply and Ventilation department, East-Siberian State University of Management and Technologies, Ulan-Ude, Russia. Sphere of scientific interests: geoecology

**Образец цитирования**

---

*Очиров В. С. Исследование взаимодействия асбестоцементных трубопроводов с окружающим грунтом // Вестн. Забайкал. гос. ун-та. 2017. Т. 23. № 8. С. 54–60. DOI: 10.21209/2227-9245-2017-23-8-54-60.*

*Ochirov V. Study of the interaction of asbestos-cement pipelines with surrounding soil // Transbaikal State University Journal, 2017, vol. 23, no. 8, pp. С. 54–60. DOI: 10.21209/2227-9245-2017-23-8-54-60.*

Дата поступления статьи: 12.08.2017 г.  
Дата опубликования статьи: 31.08.2017 г.

