

УДК 621.1

СОКРАЩЕНИЕ ЭНЕРГОПОТЕРЬ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ КЕРАМЗИТОБЕТОНА ПРИ ПОДЗЕМНОЙ ПРОКЛАДКЕ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

Е.А. Атанов, студент 4-ТЭФ-4

Научный руководитель: Н.П.Краснова, ст. преподаватель кафедры ПТЭ
Самарский государственный технический университет
г. Самара

Наиболее распространенной является подземная прокладка трубопроводов в непроходных каналах из лотков, выполненных из тяжелого бетона. Одним из перспективных путей снижения стоимости прокладки, объема трудозатрат и сокращения сроков строительства является применение керамзитобетонных лотков, позволяющих полностью отказаться от применения дорогостоящей и трудоемкой подвесной теплоизоляции. Использование керамзитобетона позволяет совместить конструктивные и теплозащитные функции материала.[1]

При прокладке теплосетей используются сборные каналы следующих типов:

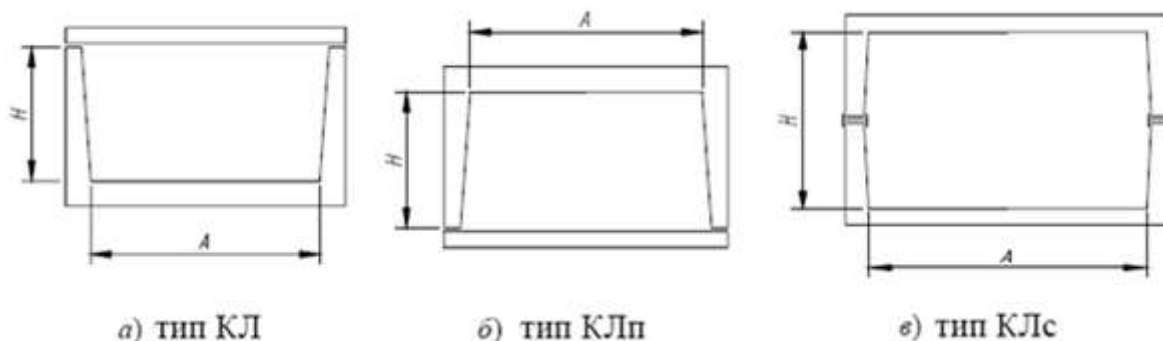


Рис.1. Сборные каналы для тепловых сетей

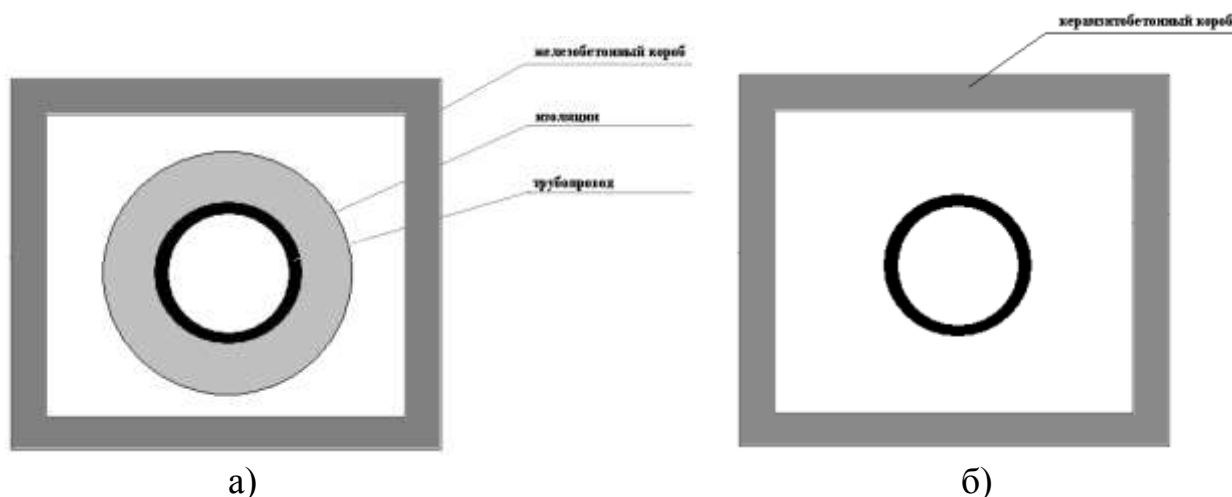


Рис. 2. Трубопровод теплосети:

- а) с изоляцией в железобетонном коробе; б) без изоляции в керамзитобетонном коробе

Проведен сравнительный тепловой расчет двух способов подземной прокладки трубопроводов в непроходных каналах, когда с целью уменьшения потерь теплоты в грунт и снижения стоимости прокладки предлагается вместо железобетонного короба (рис.2,а), имеющего коэффициент теплопроводности $\lambda_{\text{б}} = 2,04 \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{гр}} \right]$, применить керамзитобетонный короб $\lambda_{\text{кб}} = 0,35 \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{гр}} \right]$, не используя при этом тепловую изоляцию на поверхностях труб (рис.2,б). В расчете предполагается использование одноячейкового двухсоставного короба типа КЛс.

Исходные данные:

- среднегодовая температура грунта $t_{\text{гр}}=3^{\circ}\text{C}$;
- среднегодовая температура теплоносителя (подающий трубопровод) $t_{\text{м}}=90^{\circ}\text{C}$;
- линейная плотность теплового потока для трубопровода для железобетонного короба $q_l^{\text{жб}}=q_l^{\text{норм}}=84 \text{ [Вт/м]}$;
- для трубопровода с $D_y=500\text{мм}$: наружный диаметр $d_{\text{нар}}=530\text{мм}$;
- коэффициент теплопроводности при эксплуатационной влажности:

-железобетонного короба $\lambda_{\text{б}}=2,04 \text{ [Вт/м}\cdot\text{гр]}$;

-керамзитобетонного короба $\lambda_{\text{кб}}=0,35 \text{ [Вт/м}\cdot\text{гр]}$;

-грунта $\lambda_{\text{гр}}=2,0 \text{ [Вт/м}\cdot\text{гр]}$.

Линейная плотность теплового потока определяется:

$$q_l^{\text{кб}} = \frac{t_{\text{т}} - t_{\text{гр}}}{R_{\Sigma}}$$

В этом случае теплота, переходящая от трубопровода в грунт, проходит следующие последовательные термические сопротивления:

$$R_{\Sigma} = R_{\text{т}}^{\text{внутр}} + R_{\text{ст}}^{\text{тр}} + R_{\text{возд}}^{\text{нар}} + R_{\text{возд}} + R_{\text{возд}}^{\text{внутр}} + R_{\text{к}}^{\text{кб}} + R_{\text{гр}}$$

где $R_{\text{т}}^{\text{внутр}}$, $R_{\text{ст}}^{\text{тр}}$, $R_{\text{возд}}^{\text{нар}}$, $R_{\text{возд}}$, $R_{\text{возд}}^{\text{внутр}}$, $R_{\text{к}}^{\text{кб}}$, $R_{\text{гр}}$ - термические сопротивления соответственно теплоотдачи к внутренней поверхности трубы, металлической стенки трубы, теплоотдачи от наружной поверхности трубы, прослойки воздуха между трубой и стенкой канала, теплоотдачи к внутренней поверхности керамзитобетонного канала, стенки канала и грунта.

Если не учитывать термические сопротивления теплоотдачи к внутренней поверхности трубы и металлической стенки трубы ввиду их незначительного вклада в суммарное термическое сопротивление, то можно принять, что

$$R_{\Sigma} = R_{\text{возд}}^{\text{нар}} + R_{\text{возд}} + R_{\text{возд}}^{\text{внутр}} + R_{\text{к}}^{\text{кб}} + R_{\text{гр}}$$

Ввиду того, что термическое сопротивление воздуха $R_{\text{возд}}^{\text{нар}}$, находящегося между трубой и коробом неизвестно, для определения потерь теплоты в грунт в каналах прямоугольной формы используется методика, основанная на

использовании условной средней температуры воздуха в канале $t_{\text{возд}}^{\text{кан}}$. Для определения этой температуры при любой форме сечения канала и количестве уложенных в нем труб применяется балансовый метод, основанный на том, что суммарные тепловые потери всех труб в воздушное пространство канала при отсутствии его вентиляции должны равняться тепловым потерям этого канала в окружающий массив грунта.[2]

Из уравнения теплового баланса температура воздуха в канале определяется по формуле:

$$t_{\text{возд}}^{\text{кан}} = \frac{t_{\text{т}}}{R_{\text{возд}}^{\text{нар}}} + \frac{t_{\text{гр}}}{R_{\text{возд}}^{\text{внутр}} + R_{\text{к}}^{\text{кб}} + R_{\text{гр}}} = \frac{90}{0,05} + \frac{3}{0,026 + 0,0744 + 0,125}$$

$$= \frac{1}{R_{\text{возд}}^{\text{нар}}} + \frac{1}{R_{\text{возд}}^{\text{внутр}} + R_{\text{к}}^{\text{кб}} + R_{\text{гр}}} = \frac{1}{0,05} + \frac{1}{0,026 + 0,0744 + 0,125}$$

$$= 74,2, \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Тогда удельные тепловые потери от теплоносителя можно определить как

$$q_l^{\text{кб}} = \frac{t_{\text{т}} - t_{\text{возд}}^{\text{кан}}}{R_{\text{возд}}^{\text{нар}}} = \frac{90 - 74,2}{0,05} = 316, \frac{\text{Вт}}{\text{м}}.$$

Сравнивая $q_l^{\text{кб}}=316[\text{Вт/м}]$ и $q_l^{\text{жб}}=q_l^{\text{норм}}=84 [\text{Вт/м}]$, делаем вывод, что согласно приведенной выше методики потери теплоты от неизолированного трубопровода в керамзитобетонном коробе более чем в 3,5 раза выше, нежели от изолированного трубопровода в железобетонном коробе. Данное утверждение противоречит натурным испытаниям, проведенным для керамзитобетонных лотков. В связи с тем, что воздух в канале, по сути, расположен в замкнутом пространстве и не вентилируется, то можно предположить, что мы имеем место с теплообменом естественной конвекцией в узких глухих каналах, для которых «среднюю плотность теплового потока q между поверхностями, разделенными прослойкой газа или жидкости толщиной δ , можно рассчитывать, как в случае переноса теплоты теплопроводностью через плоскую стенку».

Следовательно, мы не можем пренебрегать термическим сопротивлением воздушной прослойки:

$$R_{\text{возд}} = \frac{1}{2\pi\lambda_{\text{возд}}} \ln \frac{d_{1\text{э}}^{\text{кан}} - 2\delta_{\text{лам}}}{d_{\text{нар}} + 2\delta_{\text{лам}}} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,03} \ln \frac{1,03 - 0,06}{0,53 + 0,06} = 2,64, \frac{\text{м} \cdot \text{гр}}{\text{Вт}},$$

тогда

$$q_l^{\text{кб}} = \frac{t_{\text{т}} - t_{\text{гр}}}{R_{\Sigma}} = \frac{t_{\text{т}} - t_{\text{гр}}}{R_{\text{возд}}^{\text{нар}} + R_{\text{возд}} + R_{\text{возд}}^{\text{внутр}} + R_{\text{к}}^{\text{кб}} + R_{\text{гр}}} =$$

$$= \frac{90 - 3}{0,05 + 2,64 + 0,026 + 0,0744 + 0,125} = 29,84 \approx 30, \frac{\text{Вт}}{\text{м}}.$$

Сравнив полученное значение для керамзитобетона $q_l^{\text{кб}}=30[\text{Вт/м}]$ с нормативным значением для железобетона $q_l^{\text{жб}}=q_l^{\text{норм}}=84 [\text{Вт/м}]$, видим, что потери теплоты от неизолированного трубопровода в керамзитобетонном коробе почти в 3 раза ниже, нежели от изолированного трубопровода в железобетонном коробе.

Средний срок службы теплотрассы с обычными лотками составляет около 5 лет. Теплотрассы с лотками из керамзитобетона без подвесной теплоизоляции трубопроводов служат уже около 30 лет без каких либо жалоб на их неудовлетворительную работу.

Толщина лотка назначалась по данным теплотехнического расчета. Принципиальным отличием предлагаемых лотков от существующих является то обстоятельство, что в них роль эффективной теплоизоляции выполняет воздушная прослойка.

Керамзитобетонные лотки при строительстве теплотрасс были внедрены более чем в 40 экономических районах страны. Было уложено более 400 км теплотрасс. Проведенные неоднократные натурные испытания опытно-промышленных участков теплотрасс подтвердили достаточную теплоизоляцию трубопроводов и хорошие условия их эксплуатации.

Внедрение керамзитобетонных лотков позволяет снизить трудозатраты на 38 %, стоимость земляных работ — на 10 %, сократить сроки строительства.

Список литературы:

1. Комиссаренко Б.С., Сафронова Г.В. Строительство теплотрасс с лотками из керамзитобетона без теплоизоляции трубопровода. // Стройинфо. Самара, 1995. №2.
2. Водяные тепловые сети: Справочное пособие по проектированию / И.В. Беляйкина, В.П. Витальев, Н.К. Громов и др.: Под ред. Н.К. Громова, Е.П. Шубина. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 376 с.: ил.