

УДК 621.644.07

НОВЫЙ ВИД ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ ТЕПЛОТЫ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ

Н.П. Краснова, ст. преп., О.Ю. Мжельская, аспирант
А.И. Щелоков, д.т.н., профессор
ФГБОУ ВПО «Самарский государственный технический университет»
г. Самара

На сегодняшний день все большую актуальность представляет проблема истощаемости природных ресурсов. Это, так или иначе, затрагивает большинство государств и становится проблемой мирового масштаба. Энергоемкость российской экономики существенно превышает в расчете по паритету покупательной способности аналогичный показатель в США, в Японии и развитых странах Европейского Союза. Нехватка энергии может стать существенным фактором сдерживания экономического роста страны. [1] Все эти факты говорят о необходимости внедрения новых и использования существующих энергосберегающих технологий.

В настоящее время энергосбережение и энергоэффективность входят в перечень приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации, и в перечень критических технологий РФ (утв. Указом Президента РФ от 7 июля 2011 г. №899 «Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации»). [2]

Одним из направлений сохранения энергоэффективности является снижение тепловых потерь в трубопроводе. По данным ОАО РАО «ЕЭС России», эксплуатация тепловых сетей в современных условиях требует наряду с обеспечением надежного и бесперебойного теплоснабжения потребителей с заданными технологическими параметрами, акцентировать внимание на снижении издержек при транспорте тепловой энергии, т.е. на вопросах экономической эффективности. [3]

Энергетическая стратегия России определяет цели и задачи долгосрочного развития энергетического сектора страны на период до 2030 года, приоритеты и ориентиры, а также механизмы государственной энергетической политики на отдельных этапах ее реализации, обеспечивающие достижение намеченных целей. [4]

Критическое коррозионное состояние таких сетей приводит к постоянным разрывам и утечкам на трассах. Из-за повреждения на многих участках трубопровода тепловой изоляции, потери теплоты достигают 35%.

В последние годы происходит значительное увеличение стоимости энергоресурсов и, как следствие, повышение тарифов на отопление и горячее

водоснабжение, как для частного населения, так и для промышленных предприятий. Исходя из вышесказанного, значение внедрения энергосберегающих технологий и повышения энергоэффективности приобретает все большее и большее значение.

На сегодняшний день имеется множество видов теплоизоляционных покрытий трубопроводов. Одними из самых используемых являются грунтовка, битум и термостойкая краска. Их предпочитают за удобство нанесения и низкий коэффициент теплопроводности (Таблица 1.)

Таблица 1. Коэффициенты теплопроводности теплоизоляционных материалов.

№	Материал	Коэффициент теплопроводности, Вт/м·К
1.	Битум	0,09
2.	Грунтовка	0,14
3.	Термостойкая краска	0,063

Чем выше температура используемого теплоносителя, тем большее значение приобретает использование качественной и энергоэффективной тепловой изоляции.

В связи с этим, предлагается использовать принципиально новый теплоизоляционный материал, благодаря которому можно экономить на количестве изоляции и существенно сократить тепловые потери при транспортировке теплоты.

В качестве теплоизоляционного материала предлагается использовать полиэтилен высокой плотности (ПЭВП), состоящий из небольших герметичных ячеек, заполненных диоксидом углерода (или углекислым газом).[5]

Углекислый газ (CO_2) - бесцветный газ (в нормальных условиях), без запаха, со слегка кисловатым вкусом. Диоксид углерода не токсичен и не горюч.

Многие газы обладают низким коэффициентом теплопроводности. Рассмотрим некоторые из них.

Одними из самых доступных и распространённых газов, применяемых в технике, являются воздух, диоксид углерода, азот и продукты сгорания. У диоксида углерода при температуре равной $t=0^\circ\text{C}$ коэффициент теплопроводности составляет $\lambda=0,014 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, что существенно ниже, чем у остальных газов, например, у воздуха $\lambda=0,024 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, у продуктов сгорания $\lambda=0,0227 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ и у азота $\lambda=0,0239 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. (Рис.1) Следовательно, его можно использовать в качестве наполнителя для ячеек полиэтилена высокой плотности, в целях увеличения термического сопротивления и, соответственно, снижения тепловых потерь и сохранения теплоты в трубопроводах.

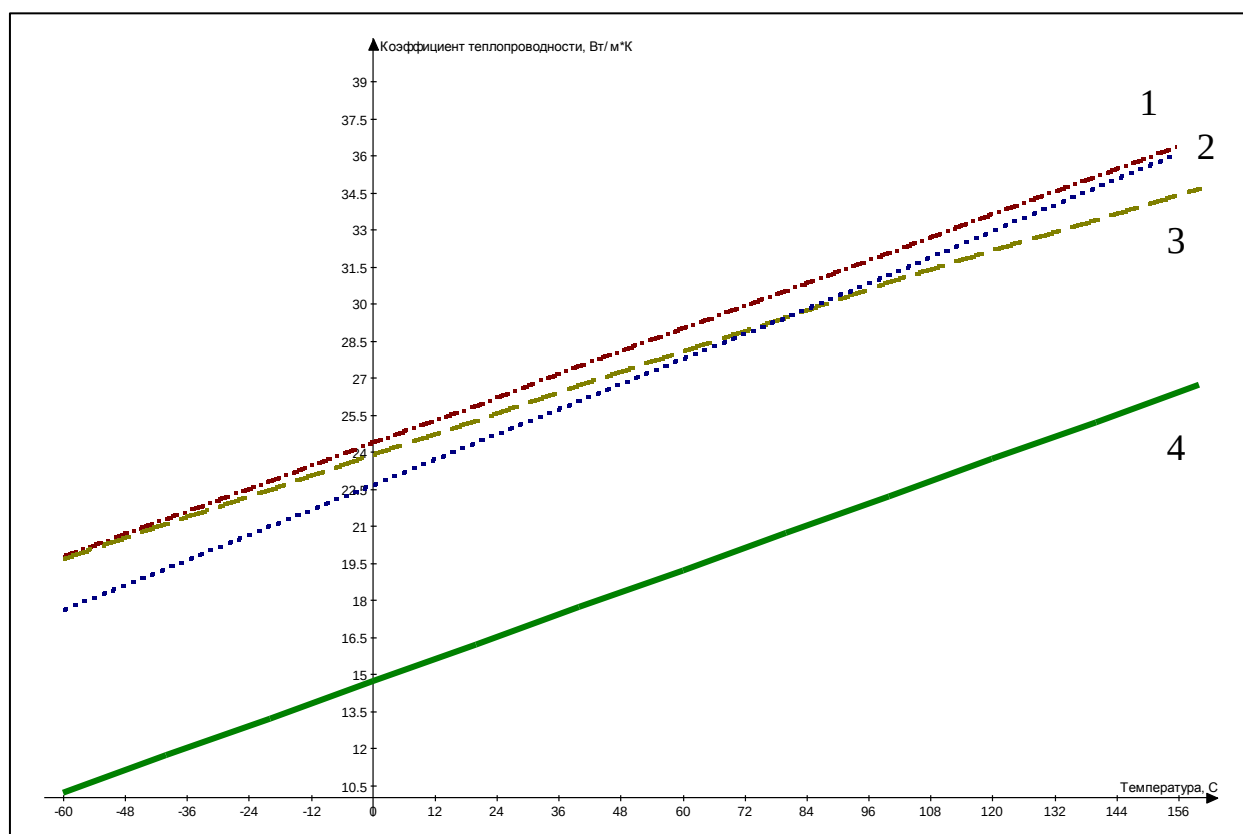


Рисунок 1. Диаграмма зависимости различных газов от температуры.
1 – воздух; 2 – азот; 3 – продукты сгорания; 4 - диоксид углерода.

Использование полиэтилена высокой плотности обусловлено низкой стоимостью, доступностью и удобством при монтаже. Полиэтилен высокой плотности (HDPE) – это полиэтилен с линейной макромолекулой и относительно высокой плотностью ($0,960 \text{ г/см}^3$). Это полиэтилен, называемый также полиэтиленом низкого давления (ПЭНД), его получают полимеризацией со специальными катализаторными системами. Пленки на основе ПЭВП более жесткие, прочные, менее воскообразные на ощупь по сравнению с пленками на основе ПЭНП.

Изготовление газонаполненной тепловой изоляции не требует существенных экономических затрат и нового оборудования. Процесс этот довольно прост. В полиэтиленовый рукав (ПЭВП) подводится газ, в данном случае, диоксид углерода. Далее при помощи сварки получают замкнутые герметичные поры. После этого газонаполненную пленку можно применять как изоляцию для трубопроводов.

Такой вид изоляции является прочным и надёжным благодаря герметичности пор. Целостная система конструкции является устойчивой, т.к. при повреждении одной или небольшого количества пор, оставшаяся конструкция не теряет своих теплоизолирующих свойств.

Главными преимуществами такого вида изоляции является:

- Более высокое термическое сопротивление, по сравнению с имеющимися аналогами;

- Повышенная устойчивость к влаге и, как следствие, дополнительная защита от коррозии;
- Невысокая стоимость;
- Простота и удобство монтажа;
- Долговечность.

Но у такого материала есть один минус – его невозможно использовать при температуре выше 120°C, т.к. полиэтилен начинает плавиться.

На основе вышесказанного, предлагается использовать газонаполненную теплоизоляцию поверх известного теплоизоляционного покрытия – термостойкой краски. Это даёт возможность использовать газонаполненную слоистую теплоизоляцию при более высоких температурах теплоносителя. Благодаря тому что, энергоэффективная тепловая изоляция имеет высокое термическое сопротивление (соответственно не высокий коэффициент теплопроводности), то можно использовать небольшое количество материала.

В качестве примера рассматривается трубопровод, наружный диаметр которого $d_n=273$ мм, соответственно внутренний диаметр $d_b=259$ мм.

Толщины стенки трубопровода и тепловой изоляции, а именно, термостойкой краски, слоя полиэтилена высокой плотности и слоя диоксида углерода соответственно составляют: $\delta_{ст}=7$ мм, $\delta_{тк}=2$ мм, $\delta_{пэвп}=0,8$ мм, $\delta_{CO_2}=8$ мм. Коэффициенты теплопроводности стальной стенки трубы, полиэтилена высокой плотности и углекислого газа соответственно равны: $\lambda_{ст}=52$ Вт/м·К, $\lambda_{тк}=0,063$ Вт/м·К, $\lambda_{пэвп}=0,28$ Вт/м·К, $\lambda_{CO_2}=0,016$ Вт/м·К.

Предлагаемый вариант комбинированной тепловой изоляции состоит из трёх слоёв – слой термостойкой краски и два слоя газонаполненной энергоэффективной теплоизоляции.

Термическое сопротивление термостойкой краски рассчитывается по формуле:

$$R_{ст} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{ст}} \cdot \ln \frac{d_n}{d_b}$$

и составляет 0,0367 м·К/Вт.

Аналогично рассчитываются термические сопротивления первого и второго слоёв газонаполненной слоистой изоляции, и составляют соответственно:

$$R_{пэвп1} = 0,00327 \text{ м} \cdot \text{К/Вт}$$

$$R_{CO_2} = 0,5557 \text{ м} \cdot \text{К/Вт}$$

$$R_{пэвп2} = 0,00308 \text{ м} \cdot \text{К/Вт}$$

$$R_{пэвп3} = 0,00306 \text{ м} \cdot \text{К/Вт}$$

$$R_{CO_2} = 0,5208 \text{ м} \cdot \text{К/Вт}$$

$$R_{пэвп3} = 0,00289 \text{ м} \cdot \text{К/Вт}$$

Полное термическое сопротивление изолированного трубопровода составляет:

$$R = 1,1256 \text{ м} \cdot \text{К/Вт}$$

Для расчета термического сопротивления на поверхности теплоизоляции примем коэффициент теплоотдачи от поверхности изоляции к воздуху: $\alpha_n = 20 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$.

Следовательно, термическое сопротивление в этом случае будет рассчитываться по формуле:

$$R = \frac{1}{\pi \cdot \alpha_n \cdot d_n}$$

и составит $0,05048 \text{ м} \cdot \text{К/Вт}$.

Полное термическое сопротивление составляет

$$R = 1,1256 + 0,05048 = 1,176 \text{ м} \cdot \text{К/Вт}$$

Удельные тепловые потери через энергоэффективную тепловую изоляцию в данном случае составляют:

$$q = \frac{140}{1,176} = 119 \text{ Вт/м}$$

Для сравнения рассчитываются тепловые потери через трубопровод с изолированной минеральной ватой при тех же начальных условиях.

Термическое сопротивление минеральной ваты составляет:

$$R_{\text{мв}} = 0,412 \text{ м} \cdot \text{К/Вт}$$

Полное термическое сопротивление в данном случае:

$$R = 0,4996 \text{ м} \cdot \text{К/Вт}$$

Тепловые потери соответственно равны:

$$q = \frac{140}{0,4996} = 280 \text{ Вт/м}$$

На основе расчетов, можно сделать вывод, что при использовании газонаполненной тепловой изоляции, по сравнению с минеральной ватой, термическое сопротивление конструкции существенно увеличивается. Это значит, что слоистую газонаполненную тепловую изоляцию можно использовать вместо существующих, но при этом значительно сократить стоимость теплоизоляционной конструкции.

Список литературы:

1. minenergo.gov.ru – сайт Министерство энергетики РФ;
2. Указ Президента РФ от 7.07.2011 №899 «Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации».
3. <http://www.rosteplo.ru>- Информационная система по теплоснабжению
4. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 г. № 1715-р
5. Патент РФ №2447353 РФ МКП F16L 59/05. Способ нанесения теплоизоляции трубопроводов/ Муранова М.М., Щелоков А.И. 2010113443/06; заявл. 06.04.2010; опубл. 10.04.2012