

НОВЫЙ ВИД ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ ТЕПЛОТЫ В ТРУБОПРОВОДЕ

А.И. Щелоков*, О. Ю. Мжельская**

* Самарский государственный технический университет
Россия, Самара, pt@samgtu.ru

** Самарский государственный технический университет
Россия, Самара, mzhelskaya.olga@gmail.com

Аннотация. Предложен новый вид тепловой изоляции для снижения потерь теплоты при транспортировке теплоносителя, и, как следствие, повышения его энергоэффективности. Из расчетных данных можно сделать вывод, что газонаполненная тепловая изоляция обладает меньшим коэффициентом теплопроводности, по сравнению с современными видами теплоизоляционных материалов.

Ключевые слова: Энергоэффективность, энергосбережение, трубопровод, коэффициент теплопроводности, термическое сопротивление.

A NEW TYPE OF THE THERMAL INSULATION FOR KEEPING HEAT IN THE PIPELINE

A.I. Schelokov*, O.U. Mzhelskaya**

* Samara State Technical University
Russia, Samara, pt@samgtu.ru

** Samara State Technical University
Russia, Samara, mzhelskaya.olga@gmail.com

Abstract. Authors offer a new type of the thermal insulation to reduce heat loss during transportation of coolant and, as a consequence, increase its energy efficiency. From the calculated data it can be concluded that the gas-filled thermal insulation has a lower thermal conductivity compared to modern types of insulating materials.

Keywords: Energy efficiency, energy saving, piping, thermal conductivity, thermal resistance.

В современном мире проблемы связанные с энергосбережением являются одними из самых важных и первостепенных.

Одной из главных причин необходимости повышения энергоэффективности и энергосбережения является истощаемость природных ресурсов. В настоящее время ограниченность энергоресурсов, так или иначе, затрагивает все государства и становится проблемой глобального масштаба. Нехватка энергии может стать существенным фактором сдерживания экономического роста страны. [1]

В настоящее время около 72 % тепловой энергии производится централизованными источниками. В крупных городах около 70-95 % жилищного фонда подключено к централизованным источникам. Около 50% объектов жилищно-коммунального теплоснабжения и инженерных сетей требует замены. Длина теплопроводов систем теплоснабжения страны составляет 260 тыс. км., из них 60 тыс. км находится в аварийном состоянии. На каждые 100 км сетей ежегодно регистрируется в среднем 70 повреждений, потери теплоты при транспортировке достигают 80 млн. т.у.т. в год. Помимо потерь теплоты, с утечками теплоносителя ежегодно теряется более кубического километра воды.

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]

Энергетическая стратегия России определяет цели и задачи долгосрочного развития энергетического сектора страны на период до 2030 года, приоритеты и ориен-

тиры, а также механизмы государственной энергетической политики на отдельных этапах ее реализации, обеспечивающие достижение намеченных целей.

Стратегическими целями развития теплоснабжения являются:

- достижение высокого уровня комфорта в жилых, общественных и производственных помещениях, включая количественный и качественный рост комплекса услуг по теплоснабжению (отопление, хладоснабжение, вентиляция, кондиционирование, горячее водоснабжение), высокий соответствующий ведущим европейским странам уровень обеспеченности населения и отраслей экономики страны этим комплексом услуг при доступной их стоимости;
- кардинальное повышение технического уровня систем теплоснабжения на основе инновационных, высокоэффективных технологий и оборудования;
- сокращение непроизводительных потерь тепла и расходов топлива;
- обеспечение управляемости, надежности, безопасности и экономичности теплоснабжения;
- снижение негативного воздействия на окружающую среду.

К числу основных проблем в указанной сфере относятся:

- неудовлетворительное состояние систем теплоснабжения, характеризующееся высоким износом основных фондов, особенно теплосетей и котельных, недостаточной надежностью функционирования, большими энергетическими потерями и негативным воздействием на окружающую среду;
- потребность в крупных инвестициях для обеспечения надежного теплоснабжения при необходимости одновременного ограничения роста стоимости услуг этой сферы [3].

На сегодняшний день имеется множество видов теплоизоляционных покрытий. Одними из самых используемых являются грунтовка, битум и термостойкая краска. Они получили широкое распространение вследствие удобного нанесения и низкого коэффициента 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

В средней полосе России все большее и 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. [4]

В качестве тепловой изоляции предлагается использовать полиэтилен высокой плотности (ПЭВП), состоящий из небольших герметичных ячеек, заполненных диоксидом углерода (углекислым газом).

Достоинства углекислого газа:

- не токсичен;
- не горюч;
- обладает низким коэффициентом теплопроводности.

На сегодняшний день одними из самых доступных и распространённых газов, применяемых в технике, являются воздух, диоксид углерода, азот и продукты сгорания природного газа. 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, именно этот газ используется в качестве наполнителя для ячеек полиэтилена, в целях снижения тепловых потерь.

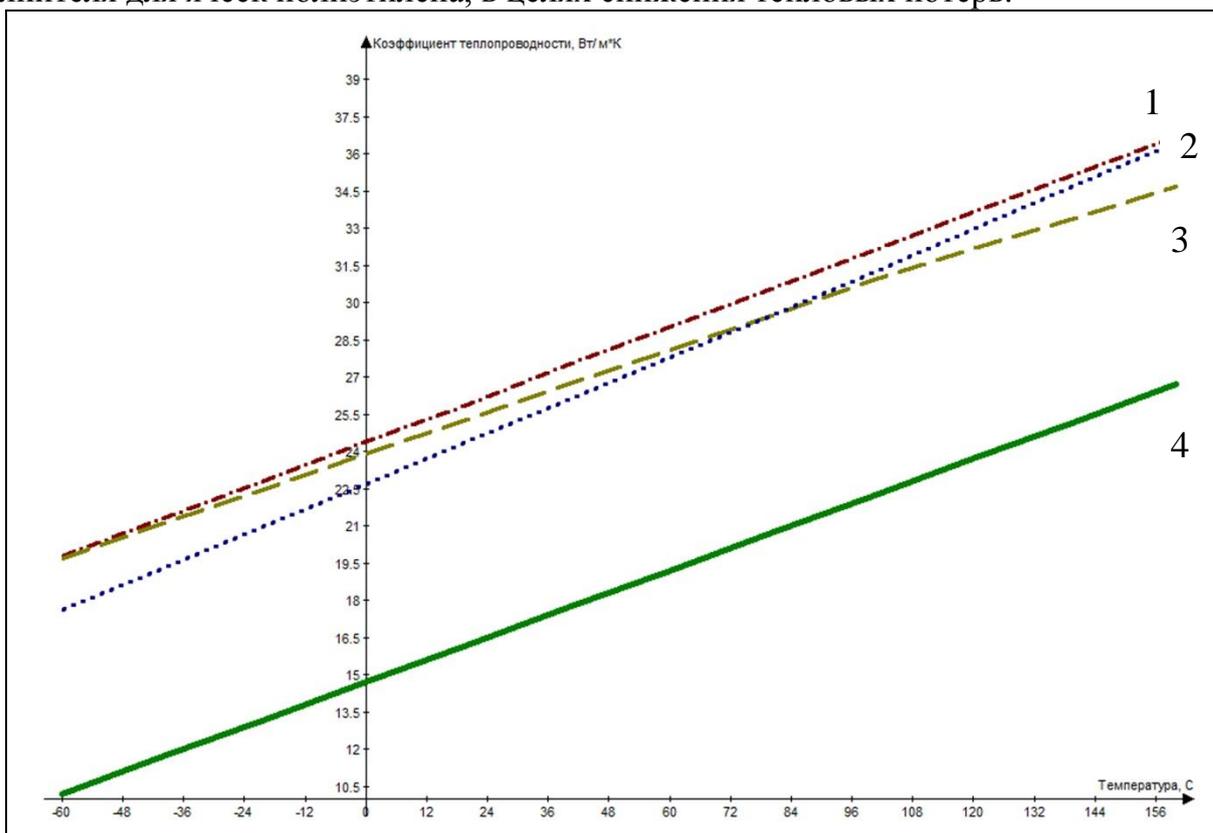


Рис. 1. Диаграмма зависимости различных газов от температуры.

1 – воздух; 2 – азот; 3 – продукты сгорания природного газа; 4 - диоксид углерода.

Использование полиэтилена высокой плотности обусловлено низкой стоимостью, доступностью и влагостойкостью. 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 по сравнению с пленками на основе ПЭНП более жесткие и прочные.

Изготовление такого вида теплоизоляции не требует существенных экономических затрат и сооружения нового оборудования. В полиэтиленовый рукав (ПЭВП) подводится газ - диоксид углерода. Далее при помощи сварки выполняются замкнутые герметичные поры. После этого газонаполненная пленка применяется как изоляция для трубопроводов.

Целостная система конструкции устойчива к повреждению благодаря герметичности ее пор.

Главными преимуществами такого вида изоляции является:

- Большое термическое сопротивление, по сравнению с имеющимися аналогами;
- Повышенная устойчивость к влаге и, как следствие, дополнительная защита металла труб от коррозии;
- Невысокая стоимость;
- Простота и удобство монтажа;
- Долговечность

Но у такого материала есть один недостаток – 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 (Рис. 2).

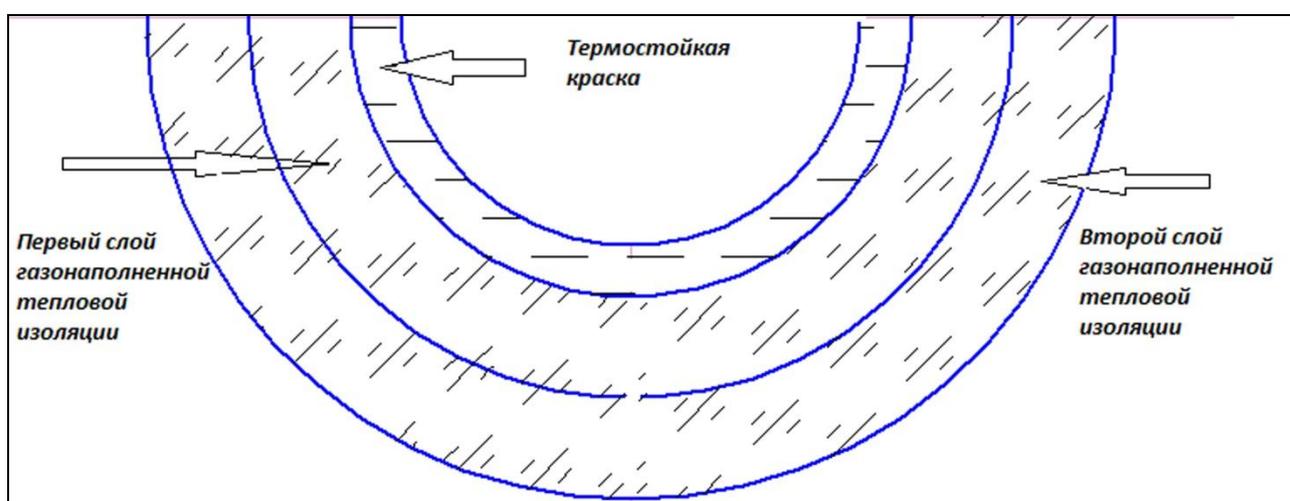


Рис. 2.Схема тепловой изоляции.

Это даёт возможность использовать энергоэффективную теплоизоляцию при более высоких температурах теплоносителя. Газонаполненная тепловая изоляция имеет высокое термическое сопротивление (соответственно не высокий коэффициент теплопроводности), следовательно, можно использовать достаточно небольшое количество материала, что приводит к существенному удешевлению общего слоя теплоизоляции трубопровода.

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

[5] и составляет $0,0367 \text{ м} \cdot \frac{\text{К}}{\text{Вт}}$.

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

$$R_{\text{пзвп1}} = 0,00327 \text{ м} \cdot \frac{\text{К}}{\text{Вт}}$$

$$R_{\text{со2}} = 0,5557 \text{ м} \cdot \frac{\text{К}}{\text{Вт}}$$

$$R_{\text{пзвп2}} = 0,00308 \text{ м} \cdot \frac{\text{К}}{\text{Вт}}$$

$$R_{\text{пзвп3}} = 0,00306 \text{ м} \cdot \frac{\text{К}}{\text{Вт}}$$

$$R_{\text{со2}} = 0,5208 \text{ м} \cdot \frac{\text{К}}{\text{Вт}}$$

$$R_{\text{пзвп3}} = 0,00289 \text{ м} \cdot \frac{\text{К}}{\text{Вт}}$$

Полное термическое сопротивление изолированного трубопровода рассчитывается по формуле и составляет

$$R = 0,0367 + 0,00327 + 0,5557 + 0,00308 + 0,00306 + 0,5208 + 0,00289 = 1,1256 \text{ м} \cdot \frac{\text{К}}{\text{Вт}}$$

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

Следовательно, термическое сопротивление в этом случае будет рассчитываться по формуле

$$R = \frac{1}{\pi \cdot \alpha_{\text{н}} \cdot d_{\text{н}}}$$

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

Полное термическое сопротивление составляет

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

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 изолированный популярными на сегодняшний день теплоизоляционными материалами (такими как минеральная вата, пенополиуретан и пенополистиролл) при тех же начальных условиях. Сравнительные данные приведены в таблице 2:

Таблица 2. Различные теплоизоляционные материалы и их параметры.

Наименование материала	Термическое сопротивление, м*К/Вт	Удельные тепловые потери, Вт/м
Минеральная вата	0,8	173
Пенополиуретан	0,93	149
Пенополистиролл	0,86	162
Газонаполненная тепловая изоляция	1,3	119

Для исключения механических повреждений изоляции при монтаже теплопровода, его поверхность предлагается закрыть листами пластика.

На основе расчетов, можно сделать вывод, что такой вид тепловой изоляции можно использовать при проектировании трубопроводов двухтрубных водяных сетей при подземной бесканальной прокладке [3].

Библиографический список

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. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 г. № 1715-р.
4. СНиП 41-03-2003 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов».
5. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов. 7-е изд., стереотип. М.: Издательство МЭИ, 2001. 472 с.