

## АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ СЕТЕЙ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ В МЕСТАХ СОПРЯЖЕНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ СО СТРОИТЕЛЬНЫМИ КОНСТРУКЦИЯМИ

**Меркулов Андрей Витальевич**, магистрант, направление подготовки 08.04.01 Строительство, Оренбургский государственный университет, Оренбург  
e-mail: andrey.merkulov.work@mail.ru

Научный руководитель: **Закируллин Рустам Сабирович**, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой теплогазоснабжения, вентиляции и гидромеханики, Оренбургский государственный университет, Оренбург  
e-mail: rustam.zakirullin@gmail.com

**Аннотация.** Статья посвящена проблеме потери тепла в местах сопряжения трубопроводов со строительными конструкциями. Актуальность исследования заключается в том, что системы теплоснабжения городов и населенных мест являются одними из самых сложных с точки зрения прокладки и эксплуатации. При эксплуатации систем теплоснабжения теряется большое количество тепловой энергии, при этом методы определения тепловых потерь, приведенные в нормативных документах, не позволяют учитывать множество параметров, влияющих на энергетическую эффективность тепловых сетей. Целью статьи является анализ существующих методик оценки тепловых потерь, результатов и вывода на их основе рекомендаций с анализом объективности этих рекомендаций и области их применимости. На основе проведенного литературного анализа были найдены наиболее эффективные решения исследуемой проблемы. Дальнейшее исследование предполагает разработку методики оценки тепловых потерь сетей теплоснабжения.

**Ключевые слова:** теплоснабжение, тепловые потери, опоры тепловых сетей.

**Для цитирования:** Меркулов А. В. Анализ методов оценки тепловых потерь сетей теплоснабжения в местах сопряжения трубопроводов со строительными конструкциями // Шаг в науку. – 2021. – № 4. – С. 56–59.

## ASSESSMENT OF HEAT LOSSES OF HEAT SUPPLY NETWORKS AT THE JUNCTIONS OF PIPELINES WITH BUILDING STRUCTURES

**Merkulov Andrey Vitalievich**, postgraduate student, training program 08.04.01 Construction, Orenburg State University, Orenburg  
e-mail: andrey.merkulov.work@mail.ru

Research advisor: **Zakirullin Rustam Sabirovich**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Heat and Gas Supply, Ventilation and Hydromechanics, Orenburg State University, Orenburg  
e-mail: rustam.zakirullin@gmail.com

**Abstract.** The article is devoted to the problem of heat loss at the junctions of pipelines with building structures. The relevance of the study lies in the fact that heat supply systems in cities and towns are among the most difficult in terms of installation and operation. During the operation of heat supply systems, a large amount of heat energy is lost, while the methods for determining heat losses given in regulatory documents do not allow taking into account many parameters that affect the energy efficiency of heat networks. The purpose of the article is to analyze the existing methods for assessing heat losses, the results and the conclusion on their basis of recommendations with an analysis of the objectivity of these recommendations and the scope of their applicability. On the basis of the carried out literary analysis, the most effective solutions to the problem under study were found. Further research involves the development of a methodology for assessing heat losses of heat supply networks.

**Key words:** heat supply, heat losses, supports of heat networks.

**Cite as:** Merkulov, A. V. (2021) [Assessment of heat losses of heat supply networks at the junctions of pipelines with building structures]. *Shag v nauku* [Step into science]. Vol. 4, pp. 56–59.

Проблема точного определения и сокращения тепловых потерь является актуальной по причине постоянного увеличения стоимости энергоносителей. Согласно статье [2], 40–50% тепловой энергии не доходит до конечного потребителя.

Трубопроводы являются основным составным элементом сетей теплоснабжения. Качество теплоснабжения зависит не только от теплоизоляции трубопроводов, но и от их надежного закрепления и опирания.

Проблема состоит в том, что существуют разные по конструкции типы опор. Распространенные способы обеспечения надежной теплоизоляции опор могут оказаться сложными и дорогими. Тепловые потери через скользящий контакт не подлежат изоляции и создают своеобразный тепловой мост, через который теплота переходит в окружающую среду [3, с. 277].

Отсутствие способов, упрощающих выбор теплоизоляции в зависимости от характеристики теплопровода, создает условия для разработки комплексных методик подбора теплоизоляционных конструкций [1, с. 104–3 – 104–4].

В ходе литературного анализа был найден один из наиболее эффективных способов энергосбережения в местах сопряжения трубопроводов со строительными конструкциями – это использование соответствующих компонентов трубной опоры в системе теплоснабжения. Выбор неправильного типа опор для труб может привести к чрезвычайно высоким затратам, потерям тепла, коррозии под изоляцией и множеству других проблем. Эти проблемы могут быть решены путем выбора подходящей изолированной опоры для труб. Один из вариантов – предварительно изолированные опоры (ПИО), которые представлены на рисунке 1 (взято из [6]).

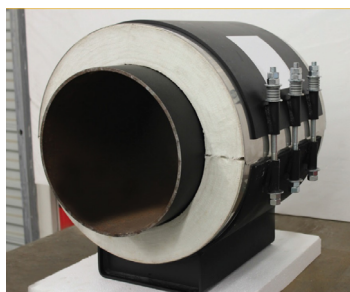


Рисунок 1. Предварительно изолированные опоры для труб  
Источник: взято из [6]

ПИО используются в различных областях, включая наземные трубопроводы и трубопроводы в зданиях, туннелях и траншеях. В ПИО для высоких температур используются структурные вставки внутри опоры для обеспечения несущей способности и зажима.

Опоры для труб, которые зажимают или приваривают непосредственно к трубе, документально неэффективны. Например, термический анализ, выполненный с помощью инфракрасной фотографии

высокотемпературного трубопровода (рисунок 2 – взято из [6]) показал, что значительное количество тепла от этого трубопровода передавалось от трубы к неизолированной опоре стальной трубы, приваренной к нижней части трубы. Это привело к утечке большого количества тепла в стеллаж для труб и в окружающую среду, влияя на окружающую территорию, а также неэффективно высвобождая энергию в точках опоры труб, что отрицательно влияло на производительность и эффективность трубопровода.

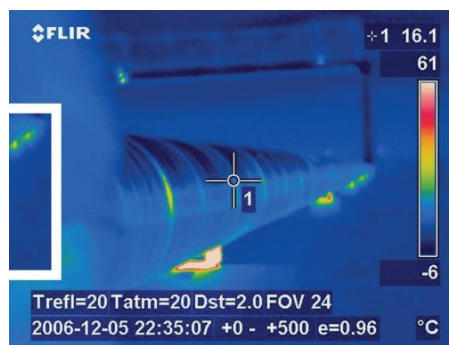


Рисунок 2. Инфракрасная фотография высокотемпературного трубопровода и опоры  
Источник: взято из [6]

ПИО для труб помогают изолировать трубу от внешней конструкции для максимальной эффективности. Они обеспечивают немедленный термический разрыв и исключают потерю тепла. ПИО удерживают тепло внутри или снаружи трубы в зависимости от рабочей температуры трубы.

ПИО для труб в некоторых случаях могут предложить более простую установку, чем неизолированные опоры. Приварные опоры требуют больших затрат труда для длительных сварных швов, а также дополнительного времени на контроль качества. Обрезка изоляции и оболочки вокруг стальных ребер опоры может оказаться трудоемкой задачей. Между тем, ПИО для труб прикручиваются болтами к трубе для быстрой и надежной установки. После болтовых соединений установка завершена, поскольку изоляция и облицовка являются частью всего установленного устройства. В некоторых случаях снижение затрат на рабочую силу более чем компенсирует более высокую стоимость материала ПИО для труб [6, с. 2–5].

При разработке методов энергосбережения и оценки тепловых потерь актуальной задачей является использование математического моделирования, позволяющего эффективно решать научно-технические задачи, не применяя значительных материальных и временных ресурсов [4, с. 4884].

В статье [7] рассматривается математическое моделирование неизолированного шарового крана. Теплообмен на внешних поверхностях шарового крана осуществляется в условиях лучистого теплообмена и естественной конвекции. В данном случае проводится решение трехмерной стационарной задачи теплопроводности между шаровым краном и окружающей средой. Решение задачи было получено с использованием инструментов и функций программного комплекса COMSOL Multiphysics. Исследования проводились на неоднородной сетке конечных элементов. Количество элементов выбиралось из условий сходимости решения. Результаты численного исследования тепловых потерь шарового крана приведены на рисунке 3 (взято из [7]).

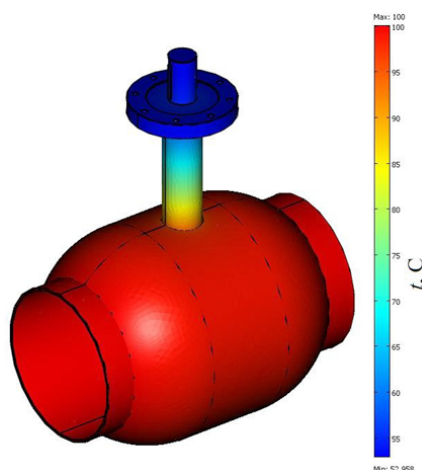


Рисунок 3. Температурное поле шарового крана  
Источник: взято из [7]

В статье [5] рассматривается математическое моделирование двух подземных труб сети теплоснабжения. Решение задачи было получено с использованием инструментов и функций программного комплекса Matlab pde-solver. Когда все граничные условия установлены, программа будет искать решение, при котором градиент температуры всех отдельных элементов сетки почти постоянен или чистый тепловой поток через часть сетки почти равен нулю. Результаты численного исследования тепловых потерь двух подземных труб приведены на рисунке 4 (взято из [5]).

Разработав математическую модель двухтрубного теплопровода и её начальные и граничные условия, можно решить задачу теплопередачи и получить распределение температур и тепловых потоков и сделать их визуализацию [4, с. 4884].

Таким образом, методы компьютерной реализации являются универсальным способом решения задач в системах теплоснабжения. Методика математического моделирования должна быть использована для оценки тепловых потерь в местах сопряжения трубопроводов с опорами, так как в современных условиях общественно-экономических отношений на первое место выходит энергосбережение и ресурсосбережение, что закреплено в законодательстве (Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23.11.2009 № 261-ФЗ и ряд смежных подзаконных актов и основанных на всём этом актуализированных редакциях нормативно-технических документов).

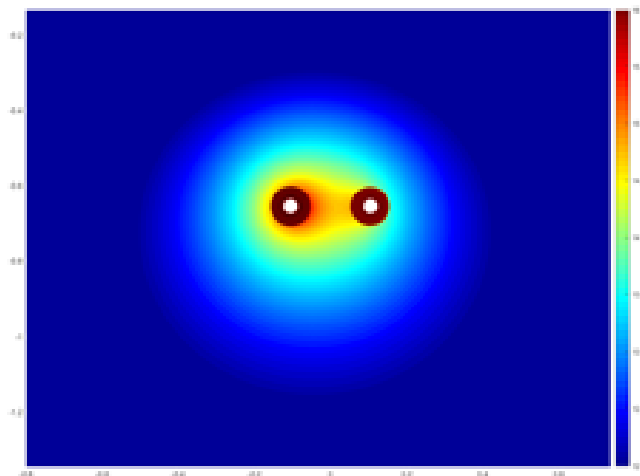


Рисунок 4. Температурное поле двух подземных труб  
Источник: взято из [5]

#### Литература

1. Балзамова Е. Ю., Балзамов Д. С., Ахметова И. Г. Анализ существующих методик расчета тепловых потерь в трубопроводах систем теплоснабжения // Энергетика и энергосбережение: теория и практика: материалы V Всероссийской научно-практической конференции, Казань, 16–17 декабря 2020 г., – Казань, 2020. – С. 104–1 – 104–5.
2. Влияние изменения теплопроводности теплоизоляционных материалов на тепловые потери магистральных трубопроводов / Т. Н. Немова [и др.] // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2016. – № 5(58). – С. 151–160.
3. Горунович С. Б. Прочность изолированных опор горячих трубопроводов // Механики XXI века. – 2016. – С. 277–281.
4. Тарасевич Е. И. Численное моделирование теплообмена для двухтрубных тепловых сетей при подземной канальной и бесканальной прокладке // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2–22 – С. 4880–4885.
5. De Boer T. J. Optimization of a District Heating Network with the Focus on Heat Loss // Delft University of Technology. – 2018. – С. 10–11.
6. Esmond K. Looking at Pre-Insulated Pipe Supports // Insulation Outlook. – 2017. – С. 2–5.
7. Polovnikov V., Vergun A., Sergeenko V. Numerical analysis of the heat loss of stop valves of heat networks // MATEC Web of Conferences. – 2017. – С. 2–3.

Статья поступила в редакцию: 03.06.2021; принята в печать: 08.11.2021.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.