

от договора аренды. Одно из главных отличий лизинга заключается в закреплении права выкупа лизингополучателем имущества по остаточной стоимости по истечении срока договора, а также его выборочности по отношению и лизингополучателю.

Список цитированных источников

1. Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.pravo.by>. – Дата доступа: 01.04.2024.
2. Официальный сайт Национального банка Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.nbrb.by / – Дата доступа: 03.04.2016
3. Лизинг в Республике Беларусь. Теория и практика осуществления / С. В. Шиманович, А. И. Цыбулько, К. С. Шиманович. – Минск: Альфа-книга, 2021. – 692 с.

УДК 1418

Кривецкий Н. С., Василевич А. С.

*Научный руководитель: к. т. н., доцент Юськович В. И.;
ст. преподаватель Игнатюк Т. В.*

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ АЭРОГЕЛЯ В КАЧЕСТВЕ УТЕПЛИТЕЛЯ В ПИ-ТРУБАХ

Теплоизоляция трубопровода необходима, чтобы избежать его замерзания во время резкого понижения температуры. Разрешить ситуацию можно при помощи специальных трубных утеплителей, имеющих свое назначение и различные варианты установки. Выбор материалов для утепления обусловлен, в первую очередь, техническими характеристиками утепляемых труб и способом крепления. В статье мы рассмотрим применение аэрогеля в качестве теплоизоляционного слоя современных ПИ-трубопроводов.

ПИ-трубы, используемые в теплотрассах, состоят из внутренней трубы из стали, стеклопластика или полипропилена, внешней оболочки из полиэтилена или оцинкованной стали, а также заполнены пенополиуретаном – теплоизоляционный слой. Они включают в себя провода для СОДК состояния изоляции, интегрированные в теплоизоляцию, что позволяет операторам мониторить состояние трубопроводов в реальном времени, обнаруживать утечки, контролировать температуру и давление, а также оптимизировать процессы подачи тепла. ПИ-трубы предназначены для использования в тепловых сетях с постоянной температурой теплоносителя до 120 °С и в тепловых сетях, работающих по графику качественного регулирования, с температурой теплоносителя до 150 °С [1].

Преимуществами ПИ-труб являются:

Низкие теплопотери. Благодаря изоляционному слою (чаще всего пенополиуретановому), ПИ-трубы минимизируют теплопотери, что особенно важно для систем горячего водоснабжения и отопления.

Долговечность. Внутренний трубопровод, выполненный из коррозионно-устойчивых материалов (таких как полиэтилен, полипропилен), имеет долгий срок службы, устойчив к химическим и механическим воздействиям. Внешняя

защитная оболочка (из полиэтилена или оцинкованной стали) защищает трубу от механических повреждений и ультрафиолетового излучения. ПИ-трубы не подвержены коррозии.

Устойчивость к температурным изменениям. ПИ-трубы способны выдерживать различные температурные условия, что делает их надежными для систем с переменной температурой.

Устойчивость к химическому воздействию. Благодаря устойчивости к большинству химических веществ ПИ-трубы подходят для различных условий эксплуатации.

Замена традиционных труб ПИ-трубами повышает надежность систем теплоснабжения. ПИ-трубы обладают выдающимися техническими характеристиками, включая низкую теплопроводность, устойчивость к коррозии и химическим воздействиям. Эти весомые свойства делают их хорошим решением для современных теплосетей.

К недостаткам ПИ-труб можно отнести:

Требования к поверхности для установки. При укладке труб необходимо, чтобы поверхность была ровной и не содержала острых предметов, чтобы избежать повреждений.

Высокая стоимость. В некоторых случаях ПИ-трубы могут иметь более высокую стоимость по сравнению с другими материалами, однако это зависит от рыночных условий и доступности материалов в конкретном регионе.

Сопrotивление ударам. По сравнению с некоторыми другими материалами ПИ-трубы могут быть менее устойчивы к механическим воздействиям и повреждениям.

Чувствительность к ультрафиолету. Полиэтилен подвержен воздействию ультрафиолетовых лучей. При использовании ПИ-труб на открытом воздухе без должной защиты от солнечного света они могут подвергаться старению и утрате своих свойств со временем.

Использование пенополиуретана (ППУ) в качестве теплоизоляционного материала в ПИ-трубах стало стандартом благодаря его отличным изоляционным свойствам, легкости и доступности. Однако, несмотря на многочисленные преимущества, использование ППУ также сопровождается рядом проблем и ограничений.

Дегradация под воздействием влаги и воды. ППУ подвержен дегradации при длительном контакте с влагой. Если внешняя защитная оболочка повреждена или недостаточно герметична, вода может проникнуть в изоляционный слой и снизить его эффективность.

Накопление влаги может привести к образованию грибка и плесени, что ухудшает изоляционные свойства и может вызывать гигиенические проблемы. Помимо всего, попадание влаги в теплоизоляционный слой нарушает работу СОДК.

Ультрафиолетовое (УФ) излучение. ППУ чувствителен к ультрафиолетовому излучению. Под воздействием УФ-лучей материал может со временем разрушаться, становясь хрупким и теряя свои изоляционные свойства.

Температурные ограничения. ППУ имеет ограничения по рабочей температуре. При высоких температурах (обычно выше 120 °С) ППУ может начать разлагаться, что ограничивает его применение в высокотемпературных системах.

Горючесть. ППУ является горючим материалом. В случае возгорания он может выделять токсичные газы, что представляет опасность для здоровья и безопасности.

Проницаемость для газов. ППУ не является абсолютно газонепроницаемым материалом. В некоторых случаях это может приводить к проникновению газов через изоляционный слой, что снижает его изоляционные свойства со временем.

Экологические аспекты. Производственный процесс ППУ может выделять вредные химические вещества, а утилизация старого или поврежденного ППУ представляет проблему из-за его долговечности и токсичности [2].

В связи с этим растет интерес к разработке и использованию более экологически чистых изоляционных материалов. К таким относится аэрогель.

Аэрогель – это самое лёгкое в мире прозрачное и твёрдое вещество. Класс материалов, представляющих собой гель, в котором жидкая фаза полностью замещена газообразной. Такие материалы обладают рекордно низкой плотностью и демонстрируют ряд уникальных свойств: твёрдость, прозрачность, жаропрочность, чрезвычайно низкую теплопроводность и т. д.

Брусочек аэрогеля всего лишь в несколько раз тяжелее того же объёма воздуха. И на это имеется веская причина, ведь аэрогель на 99 % состоит из воздуха [3].

Наиболее распространены кварцевые аэрогели. Их минимальная плотность равна 1 кг/м^3 , что в 1000 раз меньше плотности воды. Кварцевые аэрогели пропускают свет в мягком ультрафиолете. Благодаря чрезвычайно низкой теплопроводности ($0,017 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ в воздухе при атмосферном давлении), меньшей, чем теплопроводность воздуха ($0,024 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$), они применяются в строительстве в качестве теплоизолирующих и теплоудерживающих материалов. Температура плавления кварцевого аэрогеля составляет $1200 \text{ }^\circ\text{C}$.

Углеродные аэрогели (аэрографиты) состоят из наночастиц, ковалентно связанных друг с другом.

Глинозёмные аэрогели состоят из оксида алюминия с добавками других металлов и используются в качестве катализаторов [4].

Одним из самых перспективных материалов является наноструктурированный аэрогель на основе диоксида кремния ввиду своей наименьшей стоимости и простоты изготовления в сравнении с другими видами. Эффективность его использования обусловлена рядом уникальных свойств, которыми обладает этот материал. В первую очередь это низкий коэффициент теплопроводности, значение которого составляет около $0,015 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$ при температуре 10°C .

Аэрогель в основном используется в соединении с другими материалами, что позволяет улучшить его базовые свойства.

Сейчас, пройдя ряд усовершенствований, данная субстанция представляет собой похожее на пенопласт вещество, только гораздо прочнее, при сильной нагрузке аэрогель трескается, но в целом это весьма прочный материал – образец аэрогеля выдерживает нагрузки в 2000 раз превышающие собственную массу [3].

Теплоизолирующий материал с аэрогелем обладает следующими преимуществами:

Высокая эффективность теплоизоляции. Аэрогель обладает одним из самых низких коэффициентов теплопроводности среди известных изоляторов, что позволяет значительно уменьшить теплопотери.

Тонкий изоляционный слой. Благодаря высокой эффективности аэрогеля необходимая толщина изоляционного слоя значительно уменьшается по сравнению с пенополиуретаном, что позволяет уменьшить общий диаметр ПИ-труб, что может быть полезно в условиях ограниченного пространства.

Устойчивость к высоким температурам. Аэрогель сохраняет свои изоляционные свойства при более высоких температурах, чем большинство других полимерных материалов, что расширяет диапазон применения ПИ-труб, включая системы с высокотемпературными рабочими средами.

Долговечность и устойчивость к внешним воздействиям. Аэрогель устойчив к воздействию влаги, ультрафиолетового излучения и химических веществ, что увеличивает срок службы изоляционного слоя и всей трубы в целом.

Также у данного материала можно выделить высокую механическую прочность, малый вес, полную безопасность для экологической среды (материал не выделяет токсичных веществ), универсальность стабильность к деформациям.

Главным недостатком аэрогеля до недавнего времени была его хрупкость: он растрескивался при повторных нагрузках. Все полученные на тот момент аэрогели из кварца обладали этим недостатком. Но с появлением новых углеродных материалов – графена и углеродных нанотрубок – проблема была решена.

Так же к недостаткам следует отнести низкую распространенность материала и относительно высокую стоимость производства. Из-за малого числа производств стоимость материала не самая демократичная.

Использование аэрогеля в ПИ-трубах особенно актуально в следующих областях:

Высокотемпературные системы отопления и горячего водоснабжения. В системах ГВС и отопления, где важна минимизация теплопотерь, аэрогель обеспечивает высокую эффективность теплоизоляции.

Промышленные процессы, где требуется минимизация теплопотерь. В промышленных трубопроводах, где транспортируются горячие жидкости или газы, аэрогель помогает поддерживать стабильную температуру транспортируемых веществ, что критически важно для многих технологических процессов.

Системы транспортировки углеводородов и химических веществ. Аэрогель используется в трубопроводах для транспортировки нефти и газа, особенно в условиях крайнего севера и подводных трубопроводах, где требуется высокая устойчивость к экстремальным температурам и давлению.

Космическая и авиационная промышленность, где важны минимальный вес и максимальная теплоизоляция. Аэрогель используется для изоляции трубопроводов, которые должны выдерживать экстремальные температуры и минимизировать вес. Примером может быть изоляция топливных систем в космических аппаратах.

Примеры применения аэрогеля как теплоизолирующего материала в трубопроводах

Компания AspenAerogels предлагает материалы, основанные на аэрогеле, для различных применений, включая изоляцию трубопроводов. Их продукты используются в промышленных и строительных проектах для повышения энергоэффективности.

Аэрогель активно применяется в трубопроводных системах, устанавливаемых в арктических регионах. Например, трубопроводы для транспортировки природного газа на Аляске и в Сибири используют аэрогель для минимизации теплопотерь в экстремально холодных условиях.

Из сказанного выше можно заключить, что современные ПИ-трубопроводы теплосетей представляют собой сложные и надежные технологические системы, играющие важную роль в обеспечении устойчивого теплоснабжения для наших городов и общества в целом. Постоянное развитие новых технологий и методов проектирования будет продолжать повышать эффективность и экологическую устойчивость этих систем, обеспечивая комфорт и безопасность в будущем. Однако при замене ПИ-труб образуется много пены и оболочки, которые нежелательны для утилизации, поэтому есть несколько альтернативных вариантов замены вредной пены в ПИ-трубах – аэрогель. Применение аэрогеля в качестве теплоизоляционного материала в ПИ-трубах представляет собой значительный шаг вперед в области трубопроводных технологий. Высокая эффективность теплоизоляции, уменьшение толщины изоляционного слоя и устойчивость к высоким температурам делают аэрогель отличным выбором для специализированных и высокотехнологичных приложений. Однако высокая стоимость и технологические сложности ограничивают его массовое применение [5].

Список использованных источников

1. Применение ПИ-труб в тепловых сетях [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/141349/549-551.pdf?/>. – Дата обращения: 01.05.2024.
2. Предварительно изолированные трубы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pvc.by/predvaritelno-izolirovannyye-truby/>. – Дата обращения: 01.05.2024.
3. Что такое Аэрогель? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://венторус.рф/articles/что-такое-aerogel/>. – Дата обращения: 02.05.2024.
4. Аэрогель. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Аэрогель/>. – Дата обращения: 02.05.2024.
5. Что такое аэрогель и его характеристики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://m-strana.ru/articles/aerogel-eto/>. – Дата обращения: 05.05.2024.

УДК 550.34.01

Макаревич Д. В., Макаревич Е. А.

Научные руководители: к. т. н. Тур А. В.; ст. преподаватель Воробей А. В.

СЕЙСМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ СХЕМ С ПОМОЩЬЮ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО КОМПЛЕКСА И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Термин “сейсмический” обозначает “связанный с колебаниями земной коры”. Сейсмическими называют районы, в которых возможны землетрясения. Сейсмические воздействия относятся к динамическим.

Силы землетрясения оцениваются по 12-ти бальной шкале и принимают по картам сейсмического районирования.

Землетрясения силой до шесть баллов не вызывают заметных повреждений в строениях и поэтому практически не учитываются, предъявляя повышенные