

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого»

Сергеев В.В.

2019 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу
Закировой Ильмиры Асхатовны

«Повышение эффективности энерготехнологических комплексов и систем теплоснабжения тонкопленочным покрытием тепловой изоляции трубопроводов»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.01 – «Энергетические системы и комплексы»

На отзыв представлена диссертационная работа, изложенная на 239 страницах машинописного текста и состоящая из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы (174 источника) и шести приложений. Она содержит 67 рисунков и 56 таблиц.

Актуальность темы выполненной работы

Важным условием развития энергетики страны в современном мире является развитие распределенной энергетики. Все более значимым становится влияние факторов, способствующих достижению экономии топлива при производстве и распределении энергии, а также снижение выбросов в окружающую среду, что позволит повысить эффективность функционирования объектов распределенной энергетики – энерготехнологических комплексов (ЭТК). Актуальной и важной задачей для энергетических систем страны в целом является повышение надежности систем теплоснабжения (СТС), входящих в состав ЭТК. Российская СТС является самой большой в мире и состоит примерно из 50 тыс. локальных

систем теплоснабжения, обслуживаемых 17 тыс. предприятий теплоснабжения.

Одной из проблем, влияющей на повышение потерь тепловой энергии при транспортировке, является неудовлетворительное состояние тепловой изоляции трубопроводов и оборудования СТС. Некачественная изоляция является косвенной причиной коррозионных процессов, приводящих к повреждениям трубных и теплообменных поверхностей с последующим образованием свищей и потерей теплоносителя.

На данный момент, в качестве тепловой изоляции трубопроводов тепловых сетей, а также в тепловых камерах после реконструкции и капитального ремонта, используются изделия на основе минерального волокна с защитным покрытием из стеклопластика или стеклоткани. В процессе эксплуатации волокнистая изоляция трубопроводов подвержена разрушению и потере теплозащитных свойств, что приводит к значительным потерям теплоты при ее транспортировке.

В связи с этим разработка новых и модернизация существующих конструкций теплоизоляции для снижения потерь тепловой энергии при ее передаче, а также повышение надежности существующей волокнистой тепловой изоляции трубопроводов СТС является актуальной задачей.

Одним из способов повышения надежности существующей изоляции является нанесение на покровный слой дополнительного тонкопленочного покрытия (ТПП). Однако данные о физико-технических и тепловых характеристиках ТПП в общей структуре изоляции в литературе отсутствуют. Также нет данных об изменении состояния в процессе эксплуатации основного и покровного слоев тепловой изоляции и влияния ТПП после нанесения на общую картину тепловых процессов, протекающих в толще теплоизоляционной конструкции, в зависимости от исходного состояния основного и покровного слоев. В связи с этим, исследование тепловых характеристик теплоизоляционной конструкции с ТПП и теплообменных процессов, протекающих в такой многослойной изоляции, является актуальной задачей.

Общая характеристика работы

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулирована цель работы и задачи исследования, изложены научная новизна, практическая значимость работы и основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе диссертации представлен анализ состояния проблемы повышения эффективности ЭТК, надежности и экономичности эксплуатирующихся трубопроводов СТС.

Проведен анализ существующих видов теплоизоляционных материалов и приведена их классификация. Отмечено, что в последние десятилетия список теплоизоляционных материалов дополнили ТПП различных производителей, с различным составом и наполнителями. Представлены требования, предъявляемые при выборе теплоизоляционных конструкций трубопроводов СТС согласно нормативной документации. Рассмотрено изменение свойств волокнистой тепловой изоляции на основе минеральной ваты в процессе эксплуатации и их влияние на теплозащитные характеристики. Описаны способы повышения эффективности применяемых теплоизоляционных материалов в конструкции трубопроводов СТС. Показана целесообразность применения ТПП в общей конструкции тепловой изоляции.

Проанализированы литературные данные, посвященные теоретическому описанию и математическому моделированию теплообменных процессов в волокнистых теплоизоляционных конструкциях. Изучено влияние внешних и внутренних процессов, влияющих на теплообмен в толще теплоизоляционной конструкции трубопроводов СТС.

Во второй главе представлены результаты экспериментальных исследований по определению коэффициента теплопроводности, интегрального коэффициента излучения и воздухопроницаемости теплоизоляционной конструкции, состоящей из минеральной ваты, стеклопластика и ТПП. Установлено, что наибольшее влияние на снижение плотности тепловых потоков оказывает воздухопроницаемость теплоизоляционного материала после нанесения на его поверхность ТПП.

В третьей главе изложены результаты математического моделирования тепловых процессов и скоростей в теплоизоляционной конструкции трубопроводов СТС с нанесенным ТПП. Численное решение математической модели выполнено методом конечных элементов, с применением программы Flex PDE, предназначенной для решения системы дифференциальных уравнений в частных производных. В рамках численного эксперимента исследованы два наиболее распространенных способа прокладки трубопроводов СТС - на открытом воздухе и в помещении (техническое подполье, подвал и т.д.). Проведена оценка эффективности применения ТПП в конструкции тепловой изоляции трубопроводов СТС.

Разработана экспериментальная установка по определению плотности тепловых потоков, проходящих через конструкцию тепловой изоляции

трубопровода на основе метода неограниченного цилиндрического слоя. Результаты исследований показали, что нанесение ТПП привело к снижению плотности тепловых потоков на 17%.

В четвертой главе проведена тепловизионная диагностика эффективности применения ТПП на поверхности существующей изоляции трубопроводов СТС. Результаты тепловизионной диагностики, выполненные на базе ФГБОУ ВО КГЭУ.

Проведена технико-экономическая оценка эффективности применения ТПП на поверхности существующей изоляции внутриквартальных сетей теплоснабжения Осиновского сельского поселения. Результаты расчета показали целесообразность внедрения данного мероприятия со сроком окупаемости 1,5 года. Предложен способ усовершенствования технологической схемы источника энергоснабжения ЭТК «Майский», с целью снижения вредного воздействия уходящих дымовых газов. Приведен совокупный системный эффект от применения ТПП в общей конструкции тепловой изоляции трубопроводов СТС и влияние его на повышение эффективности энергетической системы в целом на примере объекта распределенной энергетики ЭТК «Майский».

В заключении сформулированы основные результаты и выводы диссертационной работы.

Имеются акт использования результатов диссертационной работы в ФГБОУ ВО «КГЭУ» и справка о внедрении результатов на АО «Энергоцентр Майский».

Научная новизна работы

Наиболее важные научные результаты работы:

1. Впервые определены теплофизические характеристики ТПП в общей конструкции традиционной тепловой изоляции трубопроводов СТС с основным слоем из минеральной ваты и покровным слоем из стеклопластика.

2. Экспериментально определены плотности тепловых потоков, проходящих через конструкцию тепловой изоляции до и после нанесения ТПП, характеризующие тепловые потери, выявленные в результате исследования, основанного на методе неограниченного цилиндрического слоя.

3. Впервые проведено математическое моделирование тепловых процессов, протекающих в конструкции тепловой изоляции трубопроводов СТС с применением ТПП.

4. На основании математической модели проанализировано состояние основного изоляционного и покровного слоев, состоящих из минеральной

ваты и стеклопластика и их общее влияние на энергосберегающие характеристики.

5. Разработан метод энергосбережения при передаче тепловой энергии за счет снижения потерь тепла через тепловую изоляцию трубопроводов СТС с применением ТПП на поверхности существующей традиционной изоляции.

6. Представлен совокупный системный эффект от внедрения мероприятий по модернизации, способствующих повышению эффективности работы ЭТК.

Значимость результатов для развития отраслей науки

Заключается в том, что полученные результаты теоретических и экспериментальных исследований в дальнейшем могут быть использованы для моделирования теплообменных процессов, протекающих в толще многослойной теплоизоляционной конструкции сложной конфигурации в зависимости от состояния основного и покровного слоев, а также от способа размещения трубопроводов.

Практическая значимость работы

Результаты диссертационной работы целесообразно использовать на этапе проектирования для прогнозирования динамики ухудшения свойств тепловой изоляции, на этапе эксплуатации для оценки состояния теплоизоляционных конструкций, повышения надежности и своевременного восстановления теплозащитных свойств. Предложенный способ энергосбережения при транспортировке тепловой энергии в СТС, а также мероприятия по модернизации технологической схемы ЭТК позволят улучшить финансово-экономические показатели объектов распределенной энергетики, повысить их инвестиционную привлекательность при проведении работ по модернизации, реконструкции и техническому перевооружению, что в дальнейшем позволит повысить экономические показатели энергетических систем, как на региональном, так и федеральном уровнях.

Методология и методы диссертационного исследования опираются на основные положения системных исследований в энергетике, общеизвестные законы теплообмена, термодинамики и гидродинамики, физический эксперимент; методы сопоставления экспериментальных и теоретических данных; методы математического моделирования; методы тепловизионной диагностики; методы расчета экономической оценки инвестиций. Экспериментальные исследования проведены согласно теории подобия на

основе физической модели конструкции тепловой изоляции трубопровода на основе метода неограниченного цилиндрического слоя. Теоретические исследования проведены на основе уравнений гидродинамики и конвекции в соответствии с законом Дарси, в приближении Буссинеска. Численное моделирование выполнено методом конечных элементов. Для анализа и визуализации полученных данных использовался пакет программ MSOffice 2007, Flex PDE и КОМПАС-3D V13.

Степень достоверности и апробация результатов

Достоверность результатов работы обеспечены согласованием численных результатов, полученных соискателем с применением разработанных математических моделей и экспериментальными данными.

Результаты работы нашли отражение в 19 научных работах автора, в том числе 4 статьях в ведущих рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 1 статье в журнале, включенной в базу SCOPUS и 3 патентах. Основные положения диссертации достаточно полно отражены в опубликованных работах и обсуждены на международных и региональных конференциях и семинарах.

Соответствие паспорту специальности 05.14.01

Диссертационная работа и автореферат соответствуют паспорту специальности 05.14.01 – «Энергетические системы и комплексы» по следующим пунктам:

пункта 3 – использование на этапе проектирования и в период эксплуатации методов математического моделирования с целью исследования и оптимизации структуры и параметров энергетических систем и комплексов и происходящих в системах энергетических процессов;

пункта 5 – разработка и исследование в области энергосбережения и ресурсосбережения при производстве тепловой и электрической энергии, при транспортировке теплоты и энергоносителей в энергетических системах и комплексах;

пункта 6 – исследование влияния технических решений, принимаемых при создании и эксплуатации энергетических систем и комплексов, на их финансово-экономические и инвестиционные показатели, региональную экономику и экономику природопользования.

Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Результаты диссертации могут быть использованы в проектных, конструкторских и научно-исследовательских организациях, связанных с решением вопросов повышения эффективности работы тепловой изоляции трубопроводов энерготехнологических комплексов и систем теплоснабжения.

Замечания по диссертационной работе

1. При оценке эффективности применения тонкопленочных покрытий не учитывалась влажность существующей тепловой изоляции.
2. Результаты измерений, приведенные в таблице 2.2. округлены до целых чисел, в то же время в тексте они рассмотрены с точностью до первого знака, хотя приведена ссылка на табличные данные как на первоисточник.
3. Погрешность примененных приборов измерений согласно данным, приведенным в диссертации (например, стр. 70), составляет 5-6%. В то же время, результаты оценки погрешности измерений приведены с точностью до восьмого знака после запятой. Не является ли это излишним?
4. В списке сокращений и условных обозначений приведены не все использованные в диссертации величины, например, величина « β » в числе Рэлея.

Заключение по работе

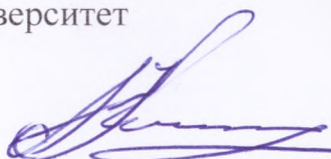
Несмотря на изложенные выше замечания, диссертационную работу Закировой Ильмиры Асхатовны «Повышение эффективности энерготехнологических комплексов и систем теплоснабжения тонкопленочным покрытием тепловой изоляции трубопроводов» следует признать завершённой научно-квалификационной работой. Поставленные задачи в диссертационной работе решены и раскрыты достаточно полно и последовательно, выводы и рекомендации обоснованы экспериментальной частью. Цель исследования достигнута. Новые научные результаты, полученные диссертантом, имеют существенное значение в развитии научной и практической деятельности. Автореферат полностью отражает содержание диссертации и соответствует требованиям ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации.

Представленная к защите диссертация отвечает требованиям п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденное Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842, в которой содержится решение научной задачи по повышению эффективности

энерготехнологических комплексов и систем теплоснабжения с применением тонкопленочного покрытия в конструкции тепловой изоляции трубопроводов, имеющей важное значение для развития соответствующей отрасли знаний, а её автор - Закирова Ильмира Асхатовна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.01 – «Энергетические системы и комплексы».

Диссертация, автореферат и отзыв обсуждены на расширенном заседании кафедры «Атомная и тепловая энергетика» ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», протокол № 3 от 16 апреля 2019 г.

Заведующий кафедрой
«Атомная и тепловая энергетика»
ФГАОУ ВО «Санкт – Петербургский
политехнический университет
Петра Великого»
к.т.н., доцент



Калютик Александр Антонович

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»: 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, дом 29, сайт: <https://www.spbstu.ru>, e-mail: office@spbstu.ru, рабочий телефон: +7 (812) 297-20-95

Сведения о лице, утвердившем отзыв ведущей организации на диссертацию

Сергеев Виталий Владимирович
проректор по научной работе,
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский
политехнический университет Петра Великого»
доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН РФ
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»: 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, дом 29, сайт: <https://www.spbstu.ru>, e-mail: office@spbstu.ru, рабочий телефон: +7 (812) 297-20-95