

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента – доктора технических наук, доцента Рыженкова Артема Вячеславовича на диссертацию 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.

### **Актуальность темы диссертации**

Диссертация Закировой И.А. посвящена разработке способа повышения эффективности существующей тепловой изоляции трубопроводов систем теплоснабжения за счет применения дополнительного тонкопленочного покрытия в общей структуре теплоизоляционной конструкции. Актуальность поставленных и решенных в работе задач позволяет повысить эффективность и надежность систем теплоснабжения, входящих в состав энерготехнологических комплексов. Энерготехнологические комплексы являются объектами распределенной энергетики, занимающими одну из важных позиций в развитии энергетики страны в современном мире. Факторами, в значительной мере влияющими на эффективное функционирование объектов распределенной энергетики, являются экономия топлива при производстве и распределении энергии, а также сокращение выбросов в окружающую среду.

Одним из основных путей повышения эффективности энерготехнологических комплексов является повышение эффективности входящих в их состав систем теплоснабжения, с учетом масштабов последних, особую роль играют потери тепловой энергии при транспортировке теплоносителей. Так на величину потерь тепла оказывает большое влияние состояние изоляции трубопроводов и оборудования систем теплоснабжения и некачественная изоляция является не только причиной потери тепла с поверхности изолированных трубопроводов, но и одной из причин коррозии наружных поверхностей трубопроводов и оборудования, что влечет за собой потери теплоносителя. Поэтому, решение проблемы повышения эффективности существующей волокнистой изоляции трубопроводов систем теплоснабжения, за счет применения дополнительного покрытия в теплоизоляционной конструкции, является актуальной задачей.



## Содержание и структура диссертационной работы

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка использованной литературы из 174 наименований и приложений. Главы диссертации взаимосвязаны между собой, в структуре работы последовательно отражено решение поставленных задач.

В начале диссертационной работы обоснованы актуальность, сформулированы цель и задачи исследования, показана теоретическая и практическая значимость, изложены новизна полученных результатов и основные положения, выносимые на защиту.

Отличительной особенностью диссертационной работы является первая глава, в которой проведен анализ состояния проблемы повышения эффективности энерготехнологических комплексов, надежности и экономичности эксплуатирующихся трубопроводов систем теплоснабжения, входящих в состав энерготехнологических комплексов. Вторая глава посвящена экспериментальным исследованиям тепловых процессов в теплоизоляционной конструкции с тонкопленочным покрытием и без него. Выполнен сравнительный анализ теплофизических характеристик теплоизоляционной конструкции до и после нанесения тонкопленочного покрытия. Разработана схема и сконструирована экспериментальная установка на основе метода неограниченного цилиндрического слоя для определения плотности тепловых потоков, проходящих через многослойную теплоизоляционную конструкцию до и после нанесения тонкопленочного покрытия. В третьей главе проведено математическое моделирование тепловых процессов в тепловой изоляции для трубопроводов, размещенных в условиях естественной и вынужденной конвекции, проведена оценка эффективности применения тонкопленочного покрытия, в зависимости от исходного состояния основного и покровных слоев, а также от количества слоев, наносимых на поверхность в зависимости от условий размещения трубопроводов систем теплоснабжения. В четвертой главе проведена тепловизионная диагностика практического применения тонкопленочного покрытия, используемого в качестве дополнительного в общей структуре тепловой изоляции трубопроводов систем теплоснабжения. Предложен способ энергосбережения и повышения эффективности системы теплоснабжения поселка Осиново. Проведена технико-экономическая оценка эффективности применения тонкопленочного покрытия в конструкции тепловой изоляции в рамках предлагаемых работ по модернизации системы теплоснабжения энерготехнологического комплекса. В заключительной части работы приведен системный эффект от внедрения разработанного способа, показана перспективность дальнейших исследований.



## **Новизна научных положений, выводов и рекомендаций**

В результате исследований получены следующие результаты, характеризующие научную новизну 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.

## **Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Научные положения, выносимые на защиту, обоснованы, раскрыты в тексте диссертации и в опубликованных соискателем работах. Автор корректно использует известные методы обоснования полученных результатов, выводов и рекомендаций. Обоснованность и достоверность результатов подтверждается в работе удовлетворительным совпадением данных теоретических исследований с экспериментальными, лабораторными и натурными испытаниями, а также повторяемостью результатов при различных условиях проведения эксперимента. Полученные результаты не противоречат основным положениям науки и опубликованным результатам других авторов. Эта достоверность обеспечена логическим обоснованием и корректностью используемой математической моделью, численным решением, соответствием результатов известным положениям науки и литературным сведениям, их согласованностью с экспериментальными данными, а также практической реализацией и внедрением полученных результатов.



## **Ценность для науки и практики выводов и предложений, изложенных в диссертации**

Разработанный способ повышения эффективности систем теплоснабжения за счет применения дополнительного тонкопленочного покрытия в общей структуре теплоизоляционной конструкции и 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 прокладки трубопроводов.

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.

### **Замечания по диссертации**

1. Из текста диссертации не ясно, как учитывалась влажность при моделировании процессов, протекающих в теплоизоляционной конструкции до и после применения тонкопленочного покрытия в качестве дополнительного.

2. Не приведены данные по долговечности тонкопленочного покрытия, предлагаемого в качестве дополнительного, для улучшения теплозащитных свойств существующей волокнистой изоляции трубопроводов систем теплоснабжения.

3. В работе результаты расчетов оценки погрешности измерений, приведены с точностью до восьмого знака после запятой (например, см. стр. 71).

4. В приведенной на стр. 11 автореферата формуле (15) использована величина давления  $P_4$ , задаваемая по графику распределения давления. В тексте автореферата этот график отсутствуют.

Тем не менее, отмеченные недостатки не снижают ценности диссертационной работы.



## **Общая оценка диссертации**

Содержание работы изложено последовательно, методически правильно и достаточно полно раскрывает решение поставленной научно-технической задачи. Представленная диссертация выполнена на достаточно высоком профессиональном уровне, отражает владение автором современных методов научных исследований и современного приборного оборудования, знание обширной библиографической базы по теме исследований. Несомненным достоинством работы является достоверность и обоснованность проведенных научных исследований, обеспеченных полученными экспериментальными данными, с применением действующих аттестованных методик и государственных стандартов, а также использованных аттестованных средств измерений с высоким классом точности, прошедших поверку. Работа хорошо иллюстрирована, написана в едином стиле, грамотным языком и представляет собой законченное научное исследование. Научные результаты диссертации Закировой И.А. полностью отражены в одиннадцати научных публикациях: одной статье в журнале, включенном в международную базу цитирования SCOPUS, трех статьях в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК, одно свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ и шести публикаций в материалах международных и национальных научных конференциях. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации и достаточно полно его раскрывает.

## **Заключение по диссертации**

Диссертационная работа Закировой И.А. «Повышение эффективности энерготехнологических комплексов и систем теплоснабжения тонкопленочным покрытием тепловой изоляции трубопроводов» является законченной научно-квалификационной работой, выполненной соискателем самостоятельно на высоком научном уровне, содержит совокупность новых научных результатов и положений, выдвигаемых на защиту, имеет внутреннее единство и свидетельствует о личном вкладе автора в науку. В диссертации содержится решение актуальной задачи связанной с повышением эффективности энерготехнологических комплексов и надежности входящих в их состав систем теплоснабжения. Автореферат полностью отражает содержание диссертационной работы. Основные научные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых научных изданиях.

Диссертация полностью соответствует требованиям п. 9-14, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук согласно «Положение о присуждении ученых степеней» (в соответствии с постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013г. с актуальными на настоящий момент времени изменениями). Автор представленной работы Закирова Ильмира Асхатовна заслуживает



присуждение ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.01 – Энергетические системы и комплексы.

Официальный оппонент, доктор технических наук (специальность 05.14.01), доцент кафедры «Промышленные теплоэнергетические системы», Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ»



Рыженков Артем Вячеславович  
15.05.2019 г.

111250, Россия, г. Москва, ул. Красноказарменная, д. 14, ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ», тел: +7 (495)362-70-01, e-mail: [universe@mpei.ac.ru](mailto:universe@mpei.ac.ru), сайт: <https://mpei.ru>

*Людмила Ярославовна*



ЗАМЕСТИТЕЛЬ НАЧАЛЬНИКА  
УПРАВЛЕНИЯ ПО РАБОТЕ С ПЕРСОНАЛОМ  
Л.И. ПОЛЕВАЯ