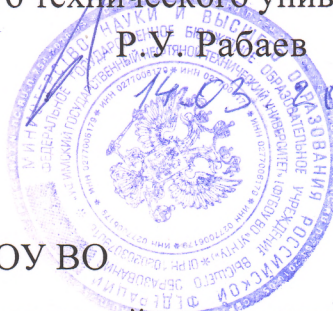


«УТВЕРЖДАЮ»

проректор по научной и
инновационной работе

Уфимского государственного
нефтяного технического университета

Р. У. Рабаев



ОТЗЫВ

ведущей организации ФГБОУ ВО

«Уфимский государственный нефтяной технический университет»

о научно-практической ценности диссертации

Базуковой Эльвиры Раисовны

на тему **Повышение эффективности энергетических комплексов**

применением тепловой изоляции со стабильными характеристиками

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук

по специальности 2.4.5 – «Энергетические системы и комплексы»

На отзыв представлена диссертационная работа, состоящая из введения, пяти глав, заключения, библиографического списка и приложений. Работа содержит: 190 страниц машинописного текста, 45 рисунков, 23 таблицы, 9 приложений на 35 страницах. Библиографический список включает 122 наименования.

1. Актуальность темы определяется направленностью на решение проблем повышения энергоэффективности при транспортировке пара высоких параметров наземными трубопроводами на промышленных предприятиях.

По результатам энергетических обследований автора установлено превышение тепловых потерь в сравнении с нормативными на 40-70 % на одном из ведущих промышленных предприятий.

Для разработки мер по повышению тепловой защиты паропроводов необходимо определить практическое состояние изоляции и выявить основные

факторы, определяющие повышенные тепловые потери с поверхности трубопровода. Существующие методы определения фактических потерь с поверхностей трубопроводов, изолированных волокнистыми изоляционными материалами с покрытием из металла не позволяют достоверно оценить величину теплопотерь, и, соответственно, выявить причины снижения теплозащитных свойств материала и прогнозирование долговечности.

Поэтому разработка метода и устройства для определения тепловых потерь с поверхности трубопровода и экспериментальное определение стандартными методами по ГОСТ работоспособности некоторых волокнистых материалов, предлагаемых производителями, а также сопоставление их характеристик представляет интерес не только для организаций, занимающихся проектированием тепловой защиты, но и производителей теплоизоляционных материалов для повышения их качества и определения рекомендаций по применимости их продукции.

Это дает основание утверждать, что научная проблема, сформулированная в диссертации, является актуальной. Решение указанной проблемы позволит более объективно решать проблемы сокращения теплопотерь при транспортировке пара высоких параметров по трубопроводам.

Основное внимание в работе уделено разработке устройства, позволяющего достоверно определять тепловые потери с поверхности трубопровода, а также экспериментальному определению температурных условий применения некоторых теплоизоляционных материалов с условием сохранения долговечности.

Выводы и рекомендации по этому вопросу являются необходимыми для продолжения исследований по определению зависимостей изменения коэффициента теплопроводности от изменения структуры материала и его физической деградации.

Тема исследований по своему содержанию отвечает потребностям всех энергетических комплексов предприятий имеющих на своем балансе трубопроводы для транспортировки пара высоких параметров.

2.Связь работы с планами соответствующих отраслей науки и народного хозяйства

Работа направлена на решение задач по повышению энергоэффективности промышленных предприятий и сокращению удельных расходов топлива и тепловой энергии на производство продукции и снижению финансовых затрат.

3.Новизна исследования и полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Дана оценка изменения коэффициента теплопроводности волокнистой тепловой изоляции при деградации структуры материала вследствие температурной деструкции полимерного связующего при температурах изолируемой поверхности 150-400 °С.

Показана связь между увеличением коэффициента теплопроводности волокнистых изоляционных материалов в процессе эксплуатации и деструкцией полимерного связующего.

Уточнена предельная температура применения волокнистых теплоизоляционных материалов с учетом деструкции полимерного связующего при эксплуатации в условиях высоких температур, а также предельная температура применения изоляционного материала на основе кварцевого аэрогеля, армированного нетканым материалом из стекловолокна.

На основе данных термогравиметрического анализа определена долговечность теплоизоляционных материалов применяемых для изоляции высокотемпературных объектов.

4.Значимость для науки и производства(практики)полученных автором диссертации результатов

Полученные результаты расширяют имеющиеся сведения о зависимости теплопроводности волокнистых теплоизоляционных материалов от плотности и

температуры. Показанная связь между деградацией волокнистых теплоизоляционных материалов вызванной деструкцией полимерного связующего и снижением теплозащитных свойств, а также учет влияния ориентации волокон материала относительно направления теплового потока на коэффициент теплопроводности позволят уточнить существующие расчетные методы определения эффективной теплопроводности и могут дополнить представления о механизме процессов совместного тепло и массообмена в капиллярно-пористых телах.

Практическая значимость работы оценивается актами внедрения полученных результатов. На основании комплексного подхода, затрагивающего этапы проектирования теплоизоляционных конструкций и выбора теплоизоляционного материала, а также период эксплуатации объекта, предложены мероприятия, обеспечивающие стабильность теплозащитных свойств, направленные на повышение эффективности энергетических комплексов предприятий путем снижения тепловых потерь при транспортировке теплоносителей.

5. Область применения

Полученные результаты работы могут быть использованы научно-исследовательскими институтами при исследованиях новых и промышленно выпускаемых волокнистых теплоизоляционных материалов с целью прогнозирования ухудшения теплозащитных свойств материалов при эксплуатации и разработке рекомендаций по выбору материала. Промышленные предприятия могут использовать предлагаемый метод определения фактических потерь с поверхности паропровода для планирования мероприятий по выборочному ремонту изоляции для сокращения теплопотерь.

6. Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и заключений

Достоверность результатов обусловлена проведением экспериментальных исследований по определению теплопроводности теплоизоляционных материалов в соответствии с ГОСТами, проведением термогравиметрии в соответствии с требованиями ГОСТ на высокоточном оборудовании. Энергия активации и другие кинетические параметры определены с применением современных прикладных программных продуктов.

7. Оценка содержания диссертации, ее завершенность в целом, замечания по оформлению

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

В первой главе обоснована актуальность проблем, поставленных в исследовании. Проанализированы возможные пути повышения эффективности энергетических комплексов промышленных предприятий.

По результатам промышленных экспериментов на паропроводах, транспортирующих перегретый пар с давлением 1,5 и 3,0 МПа с температурой 270 °С и 315 °С, на некоторых участках сети величина фактических тепловых потерь превышала нормативные значения на 40-70 % и на рассмотренных участках длиной 3385 м составила 4230 Гкал/год. При стоимости тепловой энергии 1070 руб/Гкал, ежегодные сверхнормативные потери на рассмотренных участках оцениваются в 4,5 млн рублей.

Во второй главе предложена модель устройства для оценки фактических тепловых потерь через тепловую изоляцию эксплуатирующихся трубопроводов. Автором получен патент на полезную модель устройства для измерения плотности теплового потока. Для оценки качества тепловой изоляции и соответствия величины фактических тепловых потерь нормативным значениям предложена методика по проведению обследования эксплуатирующихся паропроводов.

В третьей главе представлены результаты экспериментальных исследований по определению теплопроводности волокнистых изоляционных материалов в том числе и при деградации структуры материала.

Определение коэффициента теплопроводности для теплоизоляционных изделий цилиндрической формы проводилось в соответствии с ГОСТ 32025-2012, для плоских образцов в соответствии с ГОСТ 7076-99. Представлены схемы и внешний вид собранных экспериментальных установок.

Показано изменение коэффициента теплопроводности базальтовых теплоизоляционных цилиндров в зависимости от степени выгорания связующего. Дана оценка изменения коэффициента теплопроводности волокнистой тепловой изоляции при деградации структуры материала вследствие температурной деструкции полимерного связующего при температурах изолируемой поверхности 150-400 °С. Определена относительная погрешность косвенных измерений коэффициента теплопроводности материала.

В четвертой главе представлены результаты расчета долговечности теплоизоляционных материалов при эксплуатации в условиях высоких температур (200-400 °С), а также предельной температуры применения.

Представлены результаты проведенного термогравиметрического анализа (ТГ анализ). В качестве рабочего инструмента использовали TG209F1 Libra (NetzschGmbH). Были испытаны образцы базальтовой тепловой изоляции следующих производителей: BOS (плотность 80, 100, 120 кг/м³); Форвард; Экорол; Rockwool; URSA M, БСТВ, а также образцы изоляционного материала на основе кварцевого аэрогеля, армированного нетканым материалом из стекловолокна PyrogelXTE производителя AspenAerogelsInc.

Долговечность теплоизоляционных материалов предлагается определять с использованием методики расчета кривой термической устойчивости полимерных композитов и органических материалов, представленной в ГОСТ Р 57946-2017. Рассмотренная методика использовалась для разработки программного продукта по расчету срока службы и предельной температуры

применения теплоизоляционных материалов (органических, а также с содержанием органических связующих) из данных термогравиметрии разложения.

В пятой главе показано влияние теплопроводности, долговечности и стоимости материала на экономическую эффективность организованной нормативной теплозащиты.

На примере транспортировки теплоносителя с температурой 400°С показано, что в зависимости от совокупности физических, стоимостных и эксплуатационных свойств выбираемого материала можно добиться увеличения индекса доходности инвестиций от организации нормативной теплозащиты в 1,5-2 раза. Показано влияние долговечности материала на изменение индекса доходности инвестиций в нормативную теплозащиту паропровода.

В заключении изложены основные результаты диссертационной работы и перспективы дальнейших исследований. Даны рекомендации по повышению эффективности систем транспортирования теплоносителей энергетических комплексов.

В приложениях приведены акты использования и реализации, патент на полезную модель, результаты термогравиметрического анализа, свидетельства о регистрации программ для ЭВМ.

Материал диссертации изложен последовательно, в доказательном ключе, с привлечением большого числа иллюстраций. Результаты диссертации отражены в рецензируемых научных изданиях в полном соответствии с требованиями Положения ВАК о присуждении ученых степеней.

Замечания по содержанию диссертации

1. В диссертации используется термин «тепло-энергоносители», что не совсем правомерно, так как экспериментальные исследования проводились только на паропроводах. Термин энергоноситель обозначает «материальный поток, характеризующийся определенным значением эксергии». В

соответствии с этим определением к энергоносителям относятся: сжатый воздух, природный газ, горячая и холодная вода, а также потоки хладоносителя и хладагентов.

2. В работе не приведены теплотехнические характеристики изучаемых материалов в соответствии с паспортными данными производителя. Поэтому выводы по температурному уровню использования материалов, долговечности и области применения изученных материалов сложно сопоставить с данными производителей и не могут быть однозначными. Кроме того, поскольку используется метод ТГА, то помимо стандартных теплофизических характеристик (плотность, теплопроводность и т.п.) желательно указать наличие/отсутствие полимерного связующего, его процентное содержание и ориентировочный состав.

3. При проведении промышленного эксперимента снимался металлический кожух теплоизоляционной конструкции. В этих условиях при использовании предлагаемого устройства для крепления датчиков по измерению тепловых потоков непосредственно на теплоизоляционный материал нарушаются условия теплопередачи. Под давлением воздуха манжеты может сминаться (уплотняться) теплоизоляция, из-за удаления кожуха возможна утечка содержимого пустот - воздуха или пара.

4. Нет схемы паропровода (фотоснимки не считаются). Не приведено полное описание экспериментов по определению фактических потерь с поверхности паропроводов: температуре пара на выходе из источника, удаленности экспериментального участка от источника, типа нанесенной изоляции, геометрических характеристик, срока её службы до эксперимента, фотоснимков, характеризующие состояние изоляции, температуре пара на экспериментальном участке и так далее. Поэтому не приведено главное сопоставление результатов термогравиметрии разложения новых материалов по определению долговечности с состоянием фактически эксплуатируемого материала изоляции за срок службы на экспериментальном участке.

5. По описанию экспериментов по определению коэффициента теплопроводности в соответствии с ГОСТ 7076-99, приведено описание какого-то самодельного прибора, хотя есть сертифицированный прибор ИТП – МГ4, Челябинского производства. Поэтому возникает вопрос о достоверности результатов экспериментов.

6. На страницах 70, 72 диссертации — необходимо пояснить, откуда взялось дополнительное n в знаменателе формулы среднеквадратического отклонения (это может расцениваться как попытка "улучшить" результат расчета погрешности).

7. При оформлении работы используются термины «теплосодержание» вместо «энтальпия», непонятный термин «отходы тепла».

8. Все тепловые единицы приведены в Гкал, что не соответствует системе СИ и ГОСТ 8.417-2002 ГСИ. Единицы величин.

8.Соответствие автореферата основным положениям диссертации

Автореферат соответствует основным положениям диссертации.

9.Подтверждения опубликованных основных результатов диссертации в научной печати

По результатам диссертационного исследования опубликовано 11 работ, в том числе 4 статьи в рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК Минобрнауки России, 4 статьи в изданиях, индексируемых в международных базах данных цитирования Scopus; получен 1 патент на полезную модель, 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

10.Заключениео соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней.

Диссертация Базуковой Эльвиры Раисовны является научно-квалификационной работой, соответствующей паспорту специальности 2.4.5 – «Энергетические системы и комплексы» по следующим пунктам:

п. 2 - математическое моделирование, численные и натурные исследования физико-химических и рабочих процессов, протекающих в энергетических системах и установках на органическом и альтернативных топливах и возобновляемых видах энергии, их основном и вспомогательном оборудовании и общем технологическом цикле производства электрической и тепловой энергии;

п. 4 - разработка научных подходов, методов, алгоритмов, технологий конструирования и проектирования, контроля и диагностики, оценки надежности основного и вспомогательного оборудования энергетических систем, станций и энергокомплексов и входящих в них энергетических установок;

п. 5 - разработки и исследования в области энергосбережения и ресурсосбережения при производстве тепловой и электрической энергии, при транспортировке тепловой, электрической энергии и энергоносителей в энергетических системах и комплексах;

п. 7 - исследование влияния технических решений, принимаемых при создании и эксплуатации энергетических систем, комплексов и установок на их финансово-экономические и инвестиционные показатели, региональную экономику и экономику природопользования.

В диссертационной работе содержится решение задачи повышения энергоэффективности паропроводов и снижения тепловых потерь.

Для этого:

– разработано устройство для измерения плотности теплового потока, позволяющее проводить измерение фактической плотности теплового потока через тепловую изоляцию паропроводов на действующих объектах;

– разработана методика по проведению обследования эксплуатирующихся паропроводов для оценки качества тепловой изоляции

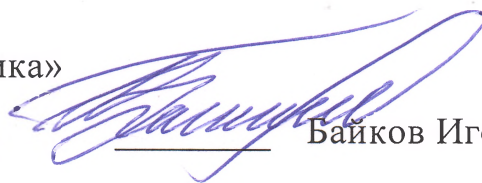
и соответствия величины фактических тепловых потерь нормативным значениям.

– проведенные методом ТГА эксперименты по определению долговечности некоторых волокнистых теплоизоляционных материалов и уточненные температуры применения в зависимости от режимов эксплуатации позволят разработать рекомендации по подбору на этапе проектирования теплоизоляционных материалов, обеспечивающих стабильность теплозащитных свойств на протяжении всего срока эксплуатации изоляции.

Несмотря на указанные недочеты, диссертационная работа Базуковой Эльвиры Раисовны на тему «Повышение эффективности энергетических комплексов применением тепловой изоляции со стабильными характеристиками» соответствует критериям «Положения о присуждении ученых степеней», принятого Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (в актуальной редакции), имеет важное значение для развития соответствующей отрасли знаний, а её автор Базукова Эльвира Раисовна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.5 «Энергетические системы и комплексы».

Диссертация Базуковой Э.Р. и отзыв обсуждены на заседании кафедры «Промышленная теплоэнергетика» ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», протокол № 6 от 27.02 2023г.

Заведующий кафедрой
«Промышленная теплоэнергетика»
ФГБОУ ВО «Уфимский
государственный нефтяной
технический университет»,
д-р тех. наук, профессор



Байков Игорь Равильевич

Адрес: Российская Федерация, 450064, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1,
кафедра «Промышленная теплоэнергетика»,
раб.телефон: 8(347)243-12-11,
e-mail: pte@rusoil.net

Сведения о лице, утвердившем отзыв ведущей организации на
диссертацию

Рабаев Руслан Уралович
проректор по научной и инновационной работе,
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический
университет», кандидат технических наук

Адрес: Российская Федерация, 450064, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1;
телефон: 8(347) 242-07-13; e-mail: nauka_ugntu@mail.ru; сайт:
<https://ugntu.ru/ru>