

На правах рукописи



ПРИХОДЬКО ДМИТРИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ

**КОНСТРУКЦИИ СКВАЖИН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ
МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ БУРЕНИЯ В
СЛОЖНЫХ ГЕОТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ**

Специальность 25 00 15
Технология бурения и освоения скважин

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

16 ОКТ 2008

Ухта – 2008

Работа выполнена в Ухтинском государственном
техническом университете

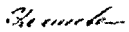
Научный руководитель	доктор технических наук, профессор Буслаев Виктор Федорович
Официальные оппоненты	доктор технических наук, профессор Долгий Иван Емельянович кандидат технических наук Кузнецов Викентий Алексеевич
Ведущая организация	ООО «Бургаз»

Защита состоится 24 октября 2008 года в 10 часов на заседании диссертационного совета Д 212 291 01 при Ухтинском государственном техническом университете по адресу 169300, Республика Коми, г Ухта, ул Первомайская, дом 13

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Ухтинского государственного технического университета

Автореферат размещен на интернет-сайте Ухтинского государственного технического университета www.ugtu.net в разделе «Диссертационный совет»

Автореферат разослан 23 сентября 2008 г

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат технических наук, профессор  НМ Уляшева

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы.

Работы по освоению нефтяных и газовых месторождений на территориях распространения многолетнемерзлых пород (ММП) и применению тепловых методов разработки месторождений ведутся уже достаточно давно. При этом проблема уменьшения интенсивности теплового взаимодействия в системе «скважина – порода» имеет особое значение для решения задач энергосбережения, охраны окружающей среды, безопасности, экономии затрат и повышению эксплуатационной надежности скважин.

Управление теплообменом в системе «скважина – порода» достигается тремя способами: активным (использование внешней энергии для охлаждения конструкции), пассивным (использование теплоизоляции) и комбинированным. Активные способы, как правило, достаточно дорогостоящи и требуют высококвалифицированного и затратного обслуживания. Так, рефрижераторное шахтное направление типа «Джол» работало в скважине № 100 – Возейской по советско-канадскому контракту менее 50% времени. Пассивные, представляются более технологичными и экономически предпочтительными. Однако тенденция к применению экранно-вакуумной изоляции (трубы типа «Термокейз Системз») нивелирует эту разницу, и данные решения, становятся сравнимы по сложности и стоимости с активными. Кроме того, увеличение поперечных размеров из-за применения существующих теплоизоляционных материалов приводит к увеличению диаметров обсадных колонн и удорожанию строительства скважин. Элементы конструкций скважин требуют заводского изготовления и специальных технологий бурения, спуска и крепления.

Ограничение теплового потока в системе «скважина-порода», радиальных размеров конструкций скважин возможно с использованием композиций на основе лакокрасочных материалов (ЛКМ) и полых стеклянных микросфер (ПСМ), а также нанотехнологий, обладающих сопоставимыми теплоизоляционными свойствами с существующими решениями.

Проведение теоретических и экспериментальных исследований конструкций скважин с использованием тонкопленочных композиций многофункционального назначения является актуальной задачей, соответствует приоритетным направлениям нефтяной и газовой промышленности по бурению, освоению и эксплуатации скважин в сложных геотермических условиях

Цель работы

Создание упрощенных конструкций скважин с использованием тонкопленочных композиций многофункционального назначения для сложных геотермических условий

Задачи работы

1 Анализ и исследование существующих конструкций скважин, технических средств и технологий по ограничению теплообмена между скважиной и горными породами, в том числе многолетнемерзлыми, и при использовании тепловых методов

2 Научное обоснование состава тонкопленочного теплоизолирующего покрытия из композиционных материалов

3 Экспериментальные исследования характеристических свойств тонкопленочных композиций

4 Теоретические исследования теплоизолирующих композиций на основе лакокрасочных материалов и полых микросфер при условии применения данных материалов в качестве покрытия обсадных и насосно-компрессорных труб

5 Обобщение результатов работы и направление дальнейших исследований

Научная новизна

1 Проведена систематизация конструкций скважин и существующих решений по термозащите, что обеспечило возможность представить данные решения в виде рейтинговой таблицы и обосновать применение тонкопленочных композиций многофункционального назначения

2 Теоретически обоснована конструкция скважины и состав теплоизоляционного материала, включающего лакокрасочный материал и полые стеклянные

ные микросферы, с объемной концентрацией полых стеклянных микросфер 50%

3 Установлено, что цвет связующего лакокрасочного материала не влияет на температуру наружной поверхности покрытия

4 Установлено, что нанесение предлагаемого тонкопленочного композиционного покрытия уменьшает тепловой поток с поверхности обсадной трубы до 28%

5 Установлено, что средний коэффициент теплопроводности покрытия составляет $0,035 \text{ Вт/м}^{\circ}\text{К}$

6 Результаты исследований показали

- нанесение покрытия толщиной 2 мм на обсадные трубы при бурении в многолетнемерзлых породах позволяет вести бурение при температуре циркулирующего бурового раствора от плюс 2°C до плюс 20°C , обеспечивая предупреждение замерзания бурового раствора и растепления мерзлых пород в период времени до 10 суток,

- нанесение данного покрытия толщиной 2 мм на обсадные и нагнетательно-компрессорные трубы, при тепловых методах разработки пластов, способно обеспечить разницу температур между стенкой скважины и нагнетательной колонной до 120°C , при зазоре в межтрубном пространстве 20 мм

Практическая значимость

1 Применение конструкций скважин с применением тонкопленочного композиционного покрытия приведет к уменьшению затрат на крепление, обрудование и эксплуатацию скважин в 5-7 раз

2 Разработан состав тонкопленочного композиционного покрытия, позволяющий уменьшить величину радиального теплового потока в скважине на величину до 28%

3 Использование тонкопленочного композиционного покрытия вместо труб с экранно-вакуумной изоляцией типа «Термокейз» уменьшит вес колонн в 2 раза, диаметр колонн и долота до 120 мм

4 В результате проведенных исследований разработано и запатентовано решение по теплоизоляции скважин «Теплоизолированная труба», патент РФ № 62643 от 27 04 07 г

5 Результаты исследований применялись в научно-исследовательской работе «Развитие технико-технологических решений и технологического регламента по предупреждению осложнений при бурении и креплении скважин в многолетнемерзлых породах» по теме 38/05 к договору №130/05 от 06 06 2005 г для ООО «Бургаз»

На защиту выносятся:

1 Рейтинговая система оценки свойств решений по теплоизоляции и обоснование тонкопленочных теплоизоляционных экранов для конструкций скважин в сложных геотермических условиях

2 Состав тонкопленочного композиционного покрытия, включающий лакокрасочный материал и полые стеклянные микросферы, с объемной концентрацией полых стеклянных микросфер 50%

3 Методики и результаты научных исследований теплотехнических свойств конструкций скважин при бурении и эксплуатации, физико-механических и технологических свойств тонкопленочного композиционного покрытия

Достоверность результатов работы подтверждается анализом опыта строительства скважин в многолетнемерзлых породах, эксплуатации скважин при использовании тепловых методов, комплексом аналитических и экспериментальных исследований, применением метода рейтинговых оценок и результатами опытных работ

Апробация работы

Результаты работы докладывались на научно-технических конференциях сотрудников УГТУ в 2007-2008 гг, научных семинарах кафедр теплотехники и бурения УГТУ в 2008г, обсуждались на заседаниях научно-технического совета филиала ООО «ЛУКОЙЛ-Коми» ПечорНИПИнефть в 2007- 2008 гг

Общие положения работы опубликованы в следующих работах

По результатам работы опубликовано 7 статей и получен патент РФ № 62643 от 27 04 07г на полезную модель «Теплоизолированная труба»

Объем работы

Работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 102 источников Работа изложена на 130 страницах текста, содержит 20 рисунков и 26 таблиц

Автор выражает благодарность за поддержку и помощь оказанную при работе над диссертацией В Ф Буславу, а также В Н Волкову, Ю П Коноплеву, О А Куликовой, Ю Л Логачеву, А В Нору, Н М Уляшовой, ректору Ухтинского государственного технического университета Н Д Цхадая

Содержание работы

Во введении обоснована актуальность проблемы, охарактеризованы научно-методические пути ее решения и значимость выполненной работы

В первой главе проведен анализ работ таких ученых, как Аванесов В А, Антониади Д Г, Близнюков В Ю, Бобылева Т В, Буслас В Ф, Бурже Ж, Быков И Ю, Верхованцев В В, Вяхирев В И, Долгий И Е, Землянский В Н, Комбарну М, Коноплев Ю П, Кудряшов Б Б, Кузнецов В А, Куликова О А, Медведский Р И, Минко А Г, Папцерио И В, Первушин Г Н, Полозков А В, Пушкин В Н, Рузин Л М, Садчиков П Б, Сапгир Б Л, Соловьев В В, Сугкоев А Е, Сурио П, Оберман Н Г, Овчинников В Н, Орешкин Д В, Орлов А В, Цхадая Н Д, Чупров И Ф, Юдин В М

Теплоизоляция является важным элементом конструкции скважин, поскольку, выполняет не только свою традиционную роль — уменьшение теплообмена с окружающей средой, но также обеспечивает соблюдение требуемых тепловых режимов бурения и эксплуатации конструкций скважинного оборудования Поэтому эффективность теплоизоляции определяется не только ее высокими теплоизолирующими свойствами, но и стабильностью теплозащит-

ных свойств теплоизоляционных конструкций в процессе эксплуатации, а также эксплуатационно-технологическими свойствами

В результате анализа существующих композиций, технических средств и технологий для ограничения теплообмена между скважиной и горными породами, в том числе многолетнемерзлыми и при использовании тепловых методов появилась возможность систематизировать способы термозащиты и представить их в виде рейтинговой оценки. Автором работы предлагается условный рейтинг существующих способов термозащиты скважин, представленный в таблице 1.

Рейтинговая оценка производилась по 10-ти бальной шкале. Диапазон 1 - неудовлетворительно, 10 - отлично. Оценивались

Н - Надежность, Т - Технологичность реализации, С - Стоимость,
У - Удобство в эксплуатации

Рейтинговая оценка существующих активных средств термозащиты индустриального и неиндустриального исполнения выявила следующее

- наиболее эффективным, технологичными и удобными в эксплуатации являются средства с использованием природных факторов с воздушным и жидкостным охлаждением, в т.ч. с аккумуляторами холода, направлениями с воздушным охлаждением (НВО), направлениями с конвективным направлением (НКО), направлениями теплоизолированными шахтными (НТШ), и другие, разработок «ПечорНИПИнефть», «ВНИИБТ», «СНИОПС» (Воркута). Данные технические средства прошли приемочные испытания и были реализованы, в т.ч. для термозащиты конструкций паронагнетательных скважин на ОПУ - 1 Лыаель,

- холодопроизводительность активных средств необходимо уменьшать за счет использования пассивных тонкоплочных теплоизолирующих экранов. Существующая теплоизоляция имеет толщину до 100 мм, что приводит к увеличению поперечных размеров, диаметров долот, металлоемкости, поверхности теплообмена и крепления, увеличению стоимости строительства и эксплуатации скважин в сложных геотермических условиях,

- наиболее перспективным является применение качественной пассивной теплоизоляции основанной на применении вакуума, инертных газов, микросфер и в дальнейшем нанотехнологии,

Таблица 1- Рейтинговая оценка решений по термозащите скважин

Решение	Пример	T	У	Н	С	Рейтинг
Принудительная циркуляция в затрубном пространстве охлаждающей жидкости	- этиленгликоль или аналог прокачивается в затрубном пространстве насосом через теплообменный агрегат	5	5	3	3	16
Заполнение затрубного пространства теплоизолирующими жидкостями или материалами	- нефть с полыми сферами, парафином, глиной, кремнеземом	6	7	9	7	29
	-органические жидкости на основе жирных кислот	6	7	9	7	29
	- вермикулитные или асбестные смеси, суспензии	6	7	9	7	29
Теплоизоляция колонн	- двухстенные колонны, между стенок теплоизоляционный материал	5	5	5	7	22
	-двухстенные колонны, между стенок вакуум	5	5	3	3	16
	- колонны с наружным теплоизоляционным покрытием (пенополиуретан, пенопласт)	5	5	5	5	20
	-теплоизолированные трубы из композиционных материалов пат РФ № 62643 от 27 04 07г	7	7	7	6	27
Вентиляция затрубного пространства	-закачка в затрубное пространство газа высокого давления	4	4	5	5	18
	- использование охлаждающего дроссель - эффекта потока добываемого газа	4	5	5	5	19
	- устройство вентиляционных патрубков	5	5	5	5	20
Образование гидратов в затрубном пространстве	- перепуск части добываемого газа в затрубное пространство	6	5	5	5	21
Экранирующие покрытия	- алюминиевые покрытия адгезионного типа	7	7	7	7	28
	- алюминиевые теплоотражающие экраны	7	7	7	7	28
Тампонажные материалы с применением микросфер	- цемент с полыми микросферами	7	7	7	7	28

Результаты аналитического обзора дают возможность сформулировать требования к разрабатываемому теплоизоляционному покрытию элементов скважин

- толщина слоя тонкопленочного покрытия до 5 мм,
- уменьшение теплового потока в 1,5 -2,0 раза,
- влагостойкость,
- стойкость к воздействию углеводородов и агрессивных сред,
- адгезия с металлом труб,
- сохранность при проведении спуско-подъемных операций,
- исключение «тепловых мостов»,
- исключение внешних оболочек,
- безопасность при эксплуатации, особенно отсутствие выделений при нагреве,
- пожаробезопасность,
- возможность использования на гибких трубах, манифольдах, буровых укрытиях, грязевом шланге и т д

Выводы по первой главе

Проведенный анализ показывает, что основными недостатками существующих решений по термозащите скважин, с учетом результатов таблицы рейтинговых решений 1 и требований к теплоизоляционным материалам, сформулированным выше, являются

- толщина слоя до 120 мм, что вызывает удорожание крепления, сложности конструкции скважин,
- трудности создания и поддержании вакуума,
- многослойность изоляционной конструкции приводит к увеличению диаметра скважины, поперечных размеров и веса труб, диаметра долота, расходу металла и цемента, трудоемкости и опасности проведения работ ограничивая, таким образом возможность применения теплоизоляции,
- низкая водостойкость,
- сложность монтажа в уже зацементированной скважине,

- наличие капиллярного подсоса влаги, достигающего 62 % по массе,
- низкие величины механической прочности и сцепления со стальной трубой (предел прочности при сжатии 0,54 МПа, при изгибе 0,45 МПа, адгезионная прочность 0,046 МПа) и, как следствие, разрушение при транспортировке, что требует специальных транспортных средств,

- низкая эксплуатационная надежность приводит при бурении и эксплуатации скважин в сложных геотермических условиях к протавнению, обратному промерзанию, затрубным газопроявлениям, паропроявлениям, растрескиванию цемента, разрушению колонн и другим осложнениям и авариям,

- высокая горючесть пенополиуретанов и пенополистиролов. В частности, запланированная в технико-экономическом обосновании обустройства Бованенковского и Харасавейского газоконденсатного месторождения теплоизоляция из ППУ запрещена органами пожарной охраны,

- создание помех по спуску инструмента, приборов наблюдения и т.п.,
- высокие энергоёмкость и стоимость,

По мнению автора наиболее полно сформулированным требованиям по устранению указанных недостатков соответствуют теплоизоляционные материалы, основанные на использовании в составе микро или нано частиц, обеспечивающих многофункциональное применение

Однако эта область знаний является малоисследованной. Отсутствует научное обоснование композиций и технологий для создания теплоизолирующих покрытий многофункционального назначения для строительства и эксплуатации скважин в многолетнемерзлых породах и для реализации тепловых методов. Что является обоснованием цели и задачи работы

Во второй главе дано научное обоснование и разработка составов теплоизолирующих покрытий обсадных и насосно-компрессорных труб многофункционального назначения.

Для создания композиционного теплоизоляционного материала было решено воспользоваться главным принципом создания подобных материалов. Он заключается в создании заранее заданной комбинации двух и более различных

фаз (наполнителей и связующего, матрицы) с помощью специальных технологических приемов

В качестве наполнителя было принято решение использовать полые стеклянные микросферы. Это обусловлено тем, что микросферы обладают следующими достоинствами: низкой средней плотностью, позволяющей получать легкие материалы, низкими пористостью и отношением поверхности к объему, химической стойкостью и инертностью к полимерной матрице, негорючестью, возможностью шлифования композитов, стабильностью свойств, достаточная прочностью, высокой адгезией к большинству полимеров, хорошей теплоизолирующей способностью, малым значением диэлектрической проницаемости (что очень важно для использования полых микросфер в водных растворах). Одним из достоинств микросфер в качестве наполнителя является то, что вокруг частицы отсутствует неравномерное распределение концентраций напряжений, как, например, для наполнителей сложной формы.

В качестве связующего было принято выбрать водно-дисперсионную краску (водный состав, в котором в качестве связующего используются водные дисперсии (синтетические латексы) акриловых (АК), бутадиенстирольных (БС) или винилацетатных (ПВА) сополимеров).

В водно-дисперсионных лакокрасочных материалах (ЛКМ) частицы связующего диспергированы в воде. В процессе испарения воды они сближаются и при наступлении контакта прилипают друг к другу, образуя пленку.

Водно-дисперсионные составы не содержат органических растворителей, поэтому они практически не имеют запаха и экологически чисты. Все акриловые мономеры используемые в качестве реактивных растворителей или модификаторов и акриловые олигомеры, формирующие основу ЛКМ и определяющие его основные свойства, не вызывают отравления при попадании внутрь организма, вдыхании или контакте с кожей.

В таблице 2 даны характеристики связующих в ЛКМ. Как видно из таблицы 2 наиболее качественными характеристиками для создаваемого покрытия обладают акриловые и поливинилацетатные дисперсии.

Акрилаты обладают лучшей пигментоемкостью, чем дисперсии поливинилацетата. При одной и той же степени наполнения покрытия на основе полиакрилатов характеризуются повышенным сопротивлением эрозии (износостойкостью), лучшей стойкостью к растрескиванию, что особенно актуально для труб подвергающихся спускоподъемным операциям.

Акриловые сополимеры по сравнению с другими воднодисперсными пленкообразователями обладают более высокой адгезией, водостойкостью и

Таблица 2 - сравнительные характеристики связующих в ЛКМ

<p>Поливинилацетатные дисперсии</p>	<ul style="list-style-type: none"> -обладают низкой водостойкостью и поэтому имеют достаточно узкую область применения, -стойкие к УФ облучению, -высокие физико-механические показатели, -хорошая адгезия, -высокая эластичность, -высокая стойкость к воздействию щелочей минеральных масел и жидких топлив, -сложность создания покрытий по металлу в связи с тем, что при эксплуатации покрытий сополимеры подвергаются гидролизу с выделением уксусной кислоты, вызывающей коррозию подложки
<p>Бутадиен-стирольные дисперсии</p>	<ul style="list-style-type: none"> -обладают хорошей водостойкостью, но имеют ограниченную светостойкость (желтеют под воздействием света), -отверждение желательно проводить при нагреве, -неудовлетворительная адгезия, -склонность к старению
<p>Акриловые дисперсии</p>	<ul style="list-style-type: none"> -хорошо сохраняют цвет и выдерживают интенсивное УФ-излучение, -высокая атмосферостойкость, -высокая водо-, масло-, солестойкость, термостабильность, -высокие физико-механические свойства, -высокая адгезия, -возможность эффективного регулирования свойств ЛКМ в процессе создания

незначительным изменением свойств покрытий при увлажнении, эффективно при использовании в качестве антикоррозионных покрытий. Стиролакрилатные сополимеры в комбинации с водорастворимыми мочевиноформальдегидами используются в качестве пленкообразователей для термотверждаемых покрытий металлической ленты. Покрытия отличаются стойкостью к сильным механическим действиям, высокой адгезией к незагрунтованной ме-

таллической поверхности, стойкостью к истиранию, высокой твердостью и стойкостью к воде и растворителям, наносятся композиции окунанием, вальками, обливом, пневмо- и безвоздушным распылением

На основе акрилатного латекса, пигментированного двуокисью титана, карбонатом кальция и кохроматом свинца (ОКП 35%), разработаны составы, формирующие многослойные покрытия на стали, превосходящие по защитным свойствам трехслойные поливинилхлоридные, перхлорвиниловые и эпоксидные покрытия. На основе дисперсий акрилатных сополимеров разработано большое число композиций различного назначения.

Таким образом, латексы акрилатных сополимеров являются более универсальными пленкообразователями, чем водные дисперсии сополимеров винилацетата.

Выводы по второй главе

Из рассмотренных составных частей тонкопленочного композиционного покрытия для обсадных и насосно-компрессорных труб, наиболее предпочтительные характеристики должна иметь комбинация из полых микросфер и пленкообразователя на основе латекса акрилатных полимеров. С учетом вышеизложенного, в качестве связующего было решено использовать воднодисперсионную акриловую краску и наполнитель из полых микросфер.

В третьей главе даны экспериментальные исследования свойств тонкопленочных теплоизолирующих покрытий для обсадных и насосно-компрессорных труб.

Первоначально в качестве связующих для покрытий были взяты следующие лакокрасочные материалы:

1 Черная термостойкая краска (термостойкость 800⁰С) производитель «Tikkurila» Финляндия

2 Белая акриловая краска (термостойкость 180⁰С) производитель ООО «Добра краска» Россия

3 Прозрачный лак (термостойкость 90⁰С) производитель «Kaуlar Kımya Sanay» Турция

Связующие по позициям 1 и 3 были выбраны для выявления возможного влияния цвета связующего на теплопроводящие характеристики состава, по принципу черный, белый и прозрачный состав

В качестве наполнителя компаундов применялись ПСМ фракцией 50-100 мкм

Данные компоненты смешивались между собой в пропорциях, указанных в таблице 3, для каждого вида связующего соответственно

Таблица 3 - пропорция смешения компонентов в покрытии

№	Объемное количество компонентов Единица измерения. мерная емкость 100 мл		Содержание ПСМ в смеси (%)
	ЛКМ	ПСМ	
1	1	1	50
2	1	2	65
3	1	3	75
4	1	3,5	80

Полученными составами были окрашены участки трубопроводов с теплоносителем Составы наносились по схемам изображенным на рисунках 1 и 2 Температуры наружной поверхности трубопроводов 47⁰С и 105⁰С для схем на рисунках 1 и 2 соответственно Диаметры трубопроводов 40 мм

Составы наносились непосредственно на уже имеющееся на трубопроводах лакокрасочное покрытие По схеме на рис 1 составы наносились в виде сплошных колец шириной 100мм, толщиной 0,5мм с расстоянием между собой 100мм

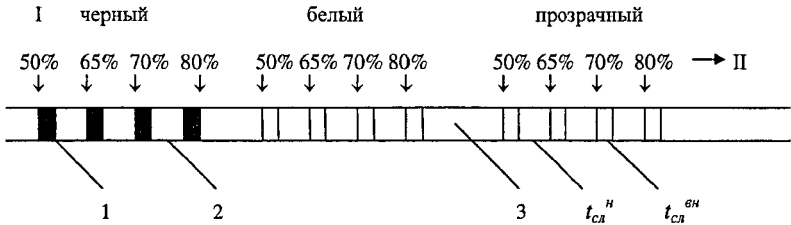
Схема на рис 2 моделирует теплообмен в скважине при использовании покрытия С этой целью были проделано следующее

1 Смонтированы металлические гильзы длиной 400 мм с зазором в межтрубном пространстве 20 мм

2 Торцовые части гильз чеканились асбестовым шнуром (имитация пакера)

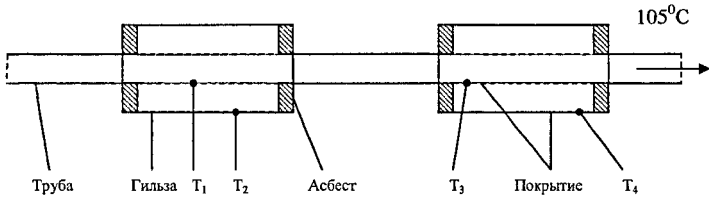
3 Один из участков был окрашен составом №2 по длине гильзы, состав наносился на трубу с теплоносителем (нагнетательная) слоем 1мм и внутреннюю поверхность гильзы (обсадная труба) слоем 0,2 мм

4 На втором участке покрытие не наносилось



I – цвет связующего ЛКМ, II- процентное содержание ПСМ в компаунде,
1- окрашенная поверхность, 2- неокрашенная поверхность, 3- трубопровод

Рис 1- Схема нанесения покрытия



T1, T2, T4 – температура металлических поверхностей,
T3 – температура на поверхности покрытия

Рис 2 – Моделирование теплообмена в скважине

Покрытие наносилось непосредственно на горячий трубопровод без предварительной подготовки. Интервал между нанесением покрытия и замерами температур в точках, согласно рисунка 2, составил 72 часа. Замеры температур проводились электронным контактным термометром ТК-5.

Результаты замеров

Средняя разница температур поверхностей трубопровода и покрытия на рис 1 составила 3°C

Таблица 4 - Температуры поверхностей изображенных на рис 2

Участок 1 (без покрытия)	Участок 2 (с покрытием)
$T_1 - 105^{\circ}\text{C}$, $T_2 - 58^{\circ}\text{C}$	$T_3 - 98^{\circ}\text{C}$, $T_4 - 40^{\circ}\text{C}$

Коэффициент теплопроводности рассчитывался по формуле

$$\lambda \approx \frac{\delta_{cl} q_{mn}^{norm}}{\pi(t_{cl}^{6n} - t_{cl}^n)(\delta_{cl} + d_n)}, \quad (1)$$

где δ_{cl} - толщина слоя покрытия (м),

q_{mn}^{norm} - норма удельных тепловых потерь (Вт/м),

t_{cl}^n - температура поверхности трубопровода (0С),

t_{cl}^{6n} - температура поверхности покрытия (0С),

d_n - наружный диаметр трубопровода (м),

После завершения данных опытов автором, совместно со специалистами ЗАО НПО «Ярославский лакокрасочный институт» были проведены испытания физико-механических, защитных, технологических свойств и установлению влияния микросфер на данные свойства в сравнении с исходными материалами Испытания проводились на основе существующих стандартов для лакокрасочных материалов Результаты приведены в табл 5

Таблица 5 - Результаты испытаний ЛКМ с наполнителем

Наименование показателя	ОКП = 50 %	ОКП = 70%
Внешний вид покрытия	После высыхания краска образует неровную шероховатую поверхность	После высыхания краска образует неровную шероховатую поверхность
pH	8,2	8,2
Укрывистость высушенного покрытия, г/м ²	280	300
Время высыхания до полного отверждения, час	24	24
Эластичность пленки при изгибе, мм	1	Не выдерживает испытание
Прочность пленки при ударе по прибору типа У1, см	50	Не выдерживает испытание
Адгезия покрытия, баллы	2	4
Массовая доля нелетучих веществ, %	60	70
Стойкость покрытия к статическому воздействию воды при температуре (20±2) 0С, ч	12	Не выдерживает испытание

Выводы по третьей главе

Проведенные экспериментальные исследования составов показали, что данные материалы обладают теплоизоляционными свойствами. Средний коэффициент теплопроводности материала $0,035 \text{ Вт/м}^{\circ}\text{К}$, нанесение покрытия уменьшает тепловой поток с поверхности на величину до 28 %, теплоизоляционные свойства покрытия в диапазоне концентрации ПСМ от 50 до 75% отличаются незначительно, влияние цвета связующего (соответственно излучающих, отражающих и преломляющих эффектов в слое покрытия) на температуру наружной поверхности покрытия не выявлено.

При концентрации ПСМ до 50%, физико - механические и технологические свойства полученного материала практически не отличаются от характеристик исходного ЛКМ.

В четвертой главе дано теоретическое обоснование и рекомендации по применению пленочного покрытия с использованием полых микросфер по результатам экспериментальных исследований.

В данном разделе проведены теоретические исследования теплотехнической эффективности конструкций скважин с применением тонкопленочного композиционного покрытия.

Расчет проводился для двух вариантов

- 1 Бурение в мерзлых породах
- 2 Закачка в пласт теплоносителя

Расчет по п. 1 проводился на основании результатов проведенной сотрудниками ГОУ ВПО «Ухтинский государственный технический университет» научно-исследовательской работы «Развитие технико-технологических решений по предупреждению осложнений при бурении и креплении в многолетнемерзлых породах» и разработанной ими компьютерной программы фазовых переходов, с обоснованием безопасных управляющих параметров, предупреждающих выбросы газа. Отчет по научно-исследовательской работе по теме 38/05 к договору № 130/05 от 06.06.2005. Результаты расчета приведены в табл. 6.

Расчет по п 2 проводился на основании математической модели предложенной в работе «Термические методы повышения нефтеотдачи пластов» авторы Бурже Ж, Комбарну М, Сурио П. Результаты расчета по п 2 при закачке пара с температурой 180⁰С приведены в таблице 7

Таблица 6 - Температура на стенке скважины $T_2(h)$ и критическая начальная температура бурового раствора T_n

Глубина, м	$T_2(h)$, ⁰ С			T_n ⁰ С
	без покрытия	с покрытием на НКТ	с покрытием на НКТ и обсадной трубе	
50	1,2	1,2	0,5	2
200	2,5	2,8	0,5	8
400	2,8	3,1	0,5	17

Таблица 7 – Температура в затрубном пространстве и на стенке скважины

Параметр	Величина	Ед. изм.
Температура в затрубном пространстве	110,986	⁰ С
Температура на стенке скважины	50,053	⁰ С

Выводы по четвертой главе

1 Нанесение покрытия толщиной 2 мм на обсадные трубы при бурении в многолетнемерзлых породах позволяет вести бурение при температуре циркулирующего бурового раствора от плюс 2⁰С до плюс 20⁰С, обеспечивая предупреждение замерзания бурового раствора и растепления мерзлых пород,

2 Применение данного типа покрытия толщиной 2 мм, при закачке теплоносителя в пласт, обеспечивает разницу температур порядка 120⁰С между стенкой скважины и НКТ, что полностью сопоставимо с параметрами обеспечиваемыми трубами системы «Термокейз», при несравнимо меньшей стоимости и простоте изготовления у предлагаемого решения

В пятой главе проведена оценка экономической эффективности использования НКТ с покрытием из композиционного материала

Расчет приведен для частного случая, замены обычных НКТ на теплоизолированные, для нефтепромысла аналогичного месторождению «Вал Гамбург-цева»

В результате внедрения НКТ с покрытием из композиционного материала происходит увеличение объема добычи нефти за счет увеличения времени работы скважин

Сокращается количество ремонтов скважин, это связано с тем, что на скважинах, оборудованных НКТ с теплоизоляционным покрытием уменьшается количество спускоподъемных операций для очистки НКТ от парафиноотложений. Вследствие этого, уменьшается вероятность возникновения аварийных ситуаций, заканчивающихся ремонтом скважин, увеличивается межремонтный период работы скважин и сократится численность обслуживающего персонала

Результаты расчета приведены в таблице 8 Чистый дисконтированный доход составит 627,86 млн руб., индекс доходности – 7,72 руб./рубль капитальных вложений

Таблица 8 - Оценка коммерческой эффективности внедрения мероприятия по замене НКТ на расчетный период, млн руб

Показатели	1	2	3	4	5	6	7	Итого
Чистая прибыль	253,76	197,93	166,47	138,17	112,73	89,85	69,48	1004,70
Амортизационные отчисления	12,16	12,16	12,16	12,16	12,16	12,16	12,08	93,50
Кап. вложения	93,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	93,50
Чистый доход	172,42	210,09	178,63	150,33	124,89	102,01	81,56	1019,93
Коэффициент приведения	1,00	0,87	0,76	0,57	0,33	0,11	0,00	0,00
Дисконтированный чистый доход по годам	172,42	182,57	135,04	85,99	40,84	10,92	0,08	627,86
Индекс доходности								7,72

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1 Выполнен полный комплекс научно-исследовательских работ по изучению влияния тонкопленочных теплоизолирующих покрытий для обсадных и

насосно-компрессорных труб на процессы теплообмена в скважине

2 Научно обоснована конструкция скважины с использованием топокпленочного композиционного покрытия многофункционального назначения на основе лакокрасочных материалов и полых стеклянных микросфер, для покрытия элементов конструкций скважины, насосно-компрессорных и обсадных труб, клапанов, башмаков и обеспечивающая ограничение теплообмена между скважиной и горной породой в сложных геотермических условиях

3 Результаты исследований применялись в научно-исследовательской работе «Развитие технико-технологических решений и технологического регламента по предупреждению осложнений при бурении и креплении в многолетнемерзлых породах» по теме 38/05 к договору №130/05 от 06.06.2005 г для ООО «Бургаз»

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1 Приходько Д.А. Создание методики испытаний жидких теплоизоляционных покрытий [Текст] / Д.А. Приходько, В.Ф. Буслаев //Сборник научных трудов материалы научно-технической конференции, в 2ч, под Ред. Н.Д. Цхадая / Ухта, УГТУ, 2008 –С 39-41

2 Приходько Д.А. Исследование и разработка теплоизоляционных покрытий из композиционных материалов для насосно-компрессорных труб [Текст] / Д.А. Приходько, В.Ф. Буслаев // Сборник научных трудов материалы научно-технической конференции, в 2ч, под Ред. Н.Д. Цхадая / Ухта, УГТУ, 2008 –С 53-55

3 Приходько Д.А. Краткий обзор решений по теплоизоляции оборудования в нефтяной промышленности [Текст] / Д.А. Приходько, В.Ф. Буслаев // Сборник научных трудов материалы научно-технической конференции, в 2ч, под Ред. Н.Д. Цхадая / Ухта, УГТУ, 2008 –С 55-56

4 Приходько Д.А. Применение труб из композиционных материалов при строительстве скважин в многолетнемерзлых породах [Текст] / В.Ф. Буслаев,

Д А Приходько, В В Миногин, // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море, М , ВНИИОЭНГ, 2008 - № 2/ - С 30-31

5 Приходько Д А Применение покрытий из лакокрасочных материалов и полых микросфер для термозащиты элементов конструкций скважин [Текст] / Д А Приходько, В Ф Буслаев // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море, М , ВНИИОЭНГ 2008 - № 7/ - С 22-24,

6 Приходько Д А Некоторые вопросы разработки месторождений вязких и тяжелых нефтей [Текст] / Н Д Цхадая, В Ф Буслаев, С А Кейн, Д Р Молоканов, Г В Буслаев, Д А Приходько // Состояние и перспективы разработки высоковязких нефтей и битумов материалы регионального семинара (23 ноября 2007 г) под ред Н Д Цхадая / Ухта УГТУ, 2008 - С 17-26

7 Приходько Д А Возможность применения покрытий из лакокрасочных материалов и полых микросфер для термозащиты элементов конструкций скважин [Текст] / Д А Приходько, В Ф Буслаев, В Н Волков // Геология, бурение, разработка и эксплуатация газовых и газоконденсатных месторождений специализированный сборник // ИРЦ ООО «Газпром», 2008 - С 37-41

8 Пат № 62643 Российская Федерация, 8 МПК E21 В17/00 F 16 Теплоизолированная труба [Текст] / В Ф Буслаев, Д А Приходько, А Е Бортников, А В Сальников, заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО Ухтинский государственный технический университет - № 2006139662/22, заявл 08 11 2006 г , опубл 27 04 07, Бюл № 12

Ухтинский государственный технический университет
Отпечатано в отделе оперативной полиграфии
Республика Коми, г Ухта, ул Октябрьская, 13
Усл печ л 1,39 Уч изд л 1,09 Тираж 100 экз Заявка № 79