

На правах рукописи

ХАЙДАРОВ ФАРИТ РИФОВИЧ

**ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПРОМЫСЛОВЫХ
ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ ПУТЕМ РЕГУЛИРОВАНИЯ СВОЙСТВ
ПЕРЕКАЧИВАЕМЫХ ЖИДКОСТЕЙ МЕТОДАМИ МАГНИТНОЙ
ОБРАБОТКИ**

Специальность: 25.00.19 – Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов,
баз и хранилищ
25.00.17 – Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых
месторождений

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Уфа 2002

Работа выполнена в ОАО «Северо-западные магистральные нефтепроводы».

Научный руководитель:

Доктор технических наук, профессор Шаммазов А. М.

Официальные оппоненты:

Доктор технических наук, профессор Абдуллин И.Г.

Кандидат технических наук Юсупов О.М.

Ведущее предприятие: НГДУ «Уфанефть»

Защита состоится «09» октября 2002 г. в 16³⁰ на заседании диссертационного совета Д 212.289.04 при УГНТУ по адресу: 450062, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке УГНТУ.

Автореферат разослан «09» сентября 2002 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор технических наук,
доцент

Матвеев Ю.Г.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы

Современное состояние нефтяной и газовой промышленности характеризуется длительным сроком эксплуатации и изменением загрузки магистральных и промысловых трубопроводов. Широкий охват магистральных трубопроводов диагностикой, применение электрохимической защиты от коррозии, а также невысокая коррозионная активность транспортируемых углеводородных продуктов позволяют эксплуатировать их 20 и более лет. На промысловых трубопроводах, которые имеют разветвленные сети нефтепроводов системы сбора и трубопроводы системы поддержания пластового давления (ППД), процедура обнаружения зарождающихся повреждений с использованием магнитных, ультразвуковых, профильных и других дефектоскопических приборов не нашла применения. В результате аварий на промысловых трубопроводах, происходящих в основном по причине высокой коррозионной активности транспортируемых жидкостей, снижается объем добычи из-за простоев, тратятся огромные средства на ликвидацию, наносится невосполнимый экологический ущерб.

Обеспечение стабильного функционирования и поддержание надежной работы входят в ряд первоочередных проблем эксплуатации трубопроводов и обуславливают, наряду с применением традиционных методов предупреждения коррозии внутренней поверхности трубопроводов, необходимость создания и развития новых направлений поддержания их работоспособности. В связи с этим актуальным является применение физического или физико-химического методов воздействия, которые позволяют снижать коррозионную активность и изменять реологические свойства транспортируемых по промысловым трубопроводам жидкостей.

Цель работы:

Повысить долговечность промысловых трубопроводов путем изменения под воздействием магнитного поля коррозионной активности и реологических свойств транспортируемых жидкостей.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- 1 Проведение анализа текущего состояния и оценка надежности промысловых трубопроводов на примере месторождения Южный Ягун ТПП «Кога-

лымнефтегаз».

2 Выбор режимов магнитной обработки транспортируемой по промышленным трубопроводам жидкости по параметрам напряженности магнитного поля, формы ее изменения и частоты.

3 Оценка эффективности совместного использования магнитного воздействия и химических реагентов на свойства транспортируемых по промышленным трубопроводам жидкостей.

4 Расчет параметров установок, определение формы постоянных магнитов и их расположение; проектирование, изготовление и внедрение на нефтегазодобывающих предприятиях промышленной установки на постоянных магнитах для обработки транспортируемых по трубопроводам жидкостей.

Научная новизна:

1 Установлено, что снижение коррозионной активности жидкостей и эффективность воздействия на водонефтяные эмульсии, транспортируемых по промышленным трубопроводам, зависят от формы изменения напряженности магнитного поля.

2 Определены частоты изменения напряженности магнитного поля, ограниченные величиной 50 Гц, что позволяет задавать оптимальные параметры магнитной обработки для конкретных промышленных жидкостей с помощью постоянных магнитов.

3 Установлено, что магнитная обработка жидкости вызывает два взаимоисключающих явления: повышает термодинамическую нестабильность стали (сдвигает потенциал коррозии в область отрицательных значений на 50 мВ) и одновременно ускоряет ее поляризуемость, что в целом снижает скорость коррозии стали в обработанной жидкости на 50-60 %.

4 На основе теоретических и экспериментальных данных, полученных в работе, предложен концептуальный подход конструирования установок магнитной обработки, позволяющий оптимизировать параметры магнитной обработки (напряженность, частота и форма изменения напряженности магнитного поля) и выбирать форму, размеры постоянных магнитов и схему их расположения в корпусе.

Практическая ценность:

1 Разработана и сконструирована лабораторная электромагнитная установка (УМПЛ) для исследования свойств жидкостей. Установки УМПЛ внедрены и используются при проведении НИР Инжиниринговой компанией «Инкомп-нефть», Когалымским заводом химреагентов.

2 На основе установки УМПЛ спроектирован и изготовлен экспериментальный стенд, который позволяет осуществлять выбор параметров промышленных установок для магнитной обработки в зависимости от состава и свойств транспортируемых по трубопроводам жидкостей. Стенд внедрен Инжиниринговой компанией «Инкомп-нефть».

3 Разработан состав деэмульгатора для подготовки нефти (патент РФ на изобретение № 2186827), проявляющий высокую деэмульгирующую эффективность при совместном использовании с магнитным воздействием.

4 Разработаны промышленные установки для магнитной обработки жидкостей (ТУ 39-80400-005-99) и внедрены в ТПП «Когалымнефтегаз» и ОАО «Белкамнефть».

5. Эффективность защиты трубопроводов от коррозии УМЖ составила 32 %. Эффективность ингибитора коррозии ХПК-002ЮЯ в результате совместного применения с магнитной установкой возросла с 50 до 68 %.

Апробация и публикация результатов:

Основные положения диссертационной работы изложены и обсуждены на: XIII Международной научно-технической конференции «Химические реактивы, реагенты и процессы малотоннажной химии», «Реактив-2000» (Уфа-Тула, 2000); II Международном симпозиуме «Наука и технология углеродных дисперсных систем» (Уфа, 2000); Межвузовской научно-технической конф. «Проблемы нефтедобычи Волго-Уральского региона», УГНТУ (Октябрьский филиал) (Октябрьский, 2000); III Конгрессе нефтегазопромышленников России, Секция «Проблемы нефти и газа» (Уфа, 2001); конференции «Проблемы нефтегазового комплекса Западной Сибири и пути повышения его эффективности», КогалымНИПИнефть (Когалым, 2001).

По результатам работы опубликовано шестнадцать печатных трудов: две монографии, восемь статей, шесть тезисов докладов.

Объем диссертации:

Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов и приложений. Объем диссертации –140 с. машинописного текста; приводятся 24 таблицы, 54 иллюстрации, 6 приложений. Список литературы содержит 146 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении приведена общая характеристика диссертации, сформулированы цель и задачи исследования.

Первая глава диссертации посвящена оценке аварийных ситуаций, а также анализу влияния различных факторов на долговечность нефтепромысловых трубопроводов Южно-Ягунского месторождения НГДУ «Когалымнефть» ТПП «Когалымнефтегаз».

Одной из наиболее важных задач трубопроводного транспорта является сокращение риска возникновения аварийных ситуаций. Этому вопросу посвящены работы И.Г. Абдуллина, Х.А. Азметова, В.Л. Березина, А.К. Галлямова, А.Г. Гареева, А.И. Гольянова, А.Г. Гумерова, О.И. Иванцова, Г.Е. Коробкова, А.А. Коршака, В.В. Новоселова, О.И. Стеклова, А.М. Шаммазова и других авторов. Снижение количества отказов позволит снизить безвозвратные потери транспортируемых продуктов, улучшить экологическую обстановку, предотвратить разрушения инженерных сооружений и обеспечить, таким образом, оптимальное функционирование трубопроводов.

Проблемы эксплуатации систем сбора и подготовки, методы предотвращения осложнений при добыче нефти исследованы авторами А.А. Гоником, А.Г. Гумеровым, А.И. Дьячуком, А.Х. Мирзаджанзаде, И.Т. Мищенко, К.Р. Низамовым, М.А. Токаревым и др. учеными. Трубопроводные системы в каждом нефтедобывающем районе составляют сотни и тысячи километров труб различного диаметра, толщины стенок и различного назначения. Например, в НГДУ «Когалымнефть» находится в эксплуатации около 900 км трубопроводов, в том числе: нефтесборные трубопроводы – 41%, напорные нефтепроводы от дожимной насосной станции до магистрального нефтепровода – 18%, высоконапорные трубопроводы системы ППД – 34%, низконапорные трубопроводы системы ППД – 7%. В основной массе трубопроводы эксплуатируются более 10 лет, а четвертая их часть - более 15 лет (рисунок 1).

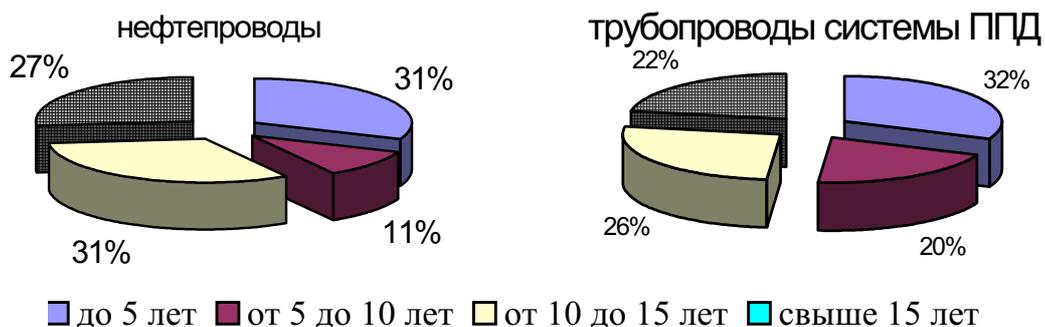


Рисунок 1 – Возрастной состав трубопроводов

По трубопроводам системы нефтесбора перекачивается продукция, добываемая из скважин Южно-Ягунского месторождения, с содержанием воды в среднем 70 %. Причем за последние 10 лет эксплуатации Южно-Ягунского месторождения содержание воды увеличилось на 30 %. Кроме того, перекачиваемые жидкости содержат в большом количестве бикарбонат-ионы (740-996 мг/л), что свидетельствует о высокой концентрации растворенного углекислого газа, поскольку поступление ионов HCO_3^- в раствор происходит за счет диссоциации угольной кислоты. В последние годы в сточной воде отмечается присутствие до 0,3 мг-экв/л ионов SO_4^{2-} , что может быть связано с интенсификацией процесса сульфатредукции в заводняемых пластах. В транспортируемых жидкостях Южно-Ягунского месторождения содержание сульфатовосстанавливающих бактерий (СВБ) составляет в среднем 10^5 - 10^6 клеток/мл. С увеличением содержания воды, ионов HCO_3^- , CO_2 и СВБ создаются условия для роста аварийности трубопроводов систем нефтесбора и ППД. С 1995 по 2001 год в НГДУ «Когалымнефть» произошло 236 порывов на трубопроводах, из них на трубопроводах системы ППД – 13,0 %, на нефтепроводах – 87,0 %. Динамика аварийности трубопроводов систем нефтесбора и ППД по причине коррозии внутренней поверхности трубы в НГДУ «Когалымнефть» приведена на рисунке 2.

Отказы трубопроводов наносят значительный ущерб – как экономический, так и экологический. Так затраты на ликвидацию одной аварии на трубопроводах системы нефтесбора составляют в среднем 25 тыс. руб., а количество разлитой нефти достигает 5 т. Общий ущерб от аварий на трубопроводах системы нефтесбора Южно-Ягунского месторождения за 1995-2001 годы составил 1,513 млн. руб. Каждая авария на трубопроводах систем нефтесбора и ППД приводит к замазу-

ченности в среднем 25-50 м² территории (рисунок 3).



Рисунок 2 – Аварийность трубопроводов

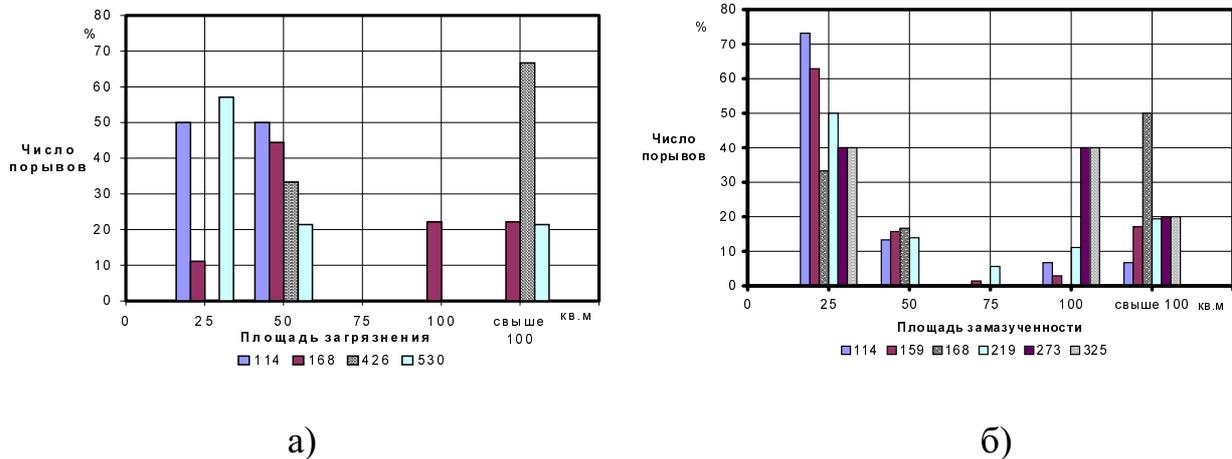


Рисунок 3 - Площадь загрязнения (а) и замазученности (б) при авариях трубопроводов Южно-Ягунского месторождения НГДУ «Когалымнефть»

Для месторождений ТПП «Когалымнефтегаз» характерны отказы трубопроводов по причине коррозии, носящей локальный характер и развивающейся по нижней образующей трубы. Это обусловлено следующим: малые скорости течения транспортируемых жидкостей приводят к расслоению водонефтяных эмульсий с образованием водного подслоя и выносом мехпримесей и коагулированных взвешенных частиц (КВЧ) с последующим осаждением твердых частиц на стенках трубопровода, приводящим к интенсификации коррозионных процессов за счет возникновения макрогальванопар.

В настоящее время хорошо известно, что стабильность экологической обста-

новки на нефтегазодобывающих предприятиях и прилегающих к ним территориях во многом определяется эффективностью проводимых противокоррозионных мероприятий. При этом научно обоснованная и технически грамотно организованная ингибиторная защита металла внутренней поверхности трубопроводов от коррозии позволяет существенно повысить их надежность, долговечность и безопасность. Практика же показывает, что выбор ингибирующих составов и технологий их применения часто обуславливается не научно-технической целесообразностью, а доступностью реагентов в регионе и экономическими факторами. В результате имеют место две наиболее распространенные технологические ошибки: использование ингибиторов не по назначению и завышение или занижение их концентрации в коррозионно-активных жидкостях.

Внедрение методов защиты с применением ингибиторов и покрытия поверхности труб различными композициями и материалами ведет к некоторому снижению количества отказов, но в целом аварийность промысловых трубопроводов остается по-прежнему высокой. В последнее время появился интерес к использованию безреагентных методов снижения коррозионной активности и изменения реологических свойств транспортируемых вод и водонефтяных смесей, например, применение физических воздействий. В частности, обработка постоянным и переменным магнитным полем транспортируемых по трубопроводам жидкостей позволяет изменить их коррозионные и реологические свойства.

Большой вклад в развитие теории и практики использования магнитной обработки внесли Р.Н. Бахтизин, С.С. Душкин, В.И. Классен, В.И. Миненко, А.Х. Мирзаджанзаде, В.Ф. Очков, Л.С. Саакян, Е.Ф. Тебенихин, П.И. Тугунов, М.М. Хасанов, М.А. Худяков и другие исследователи.

На основе анализа работ, посвященных применению магнитного поля для активации жидкостей в различных областях промышленности, автором предложена следующая классификация аппаратов для магнитной обработки, применяемых в нефтегазодобыче и на транспорте (рисунок 4). Наибольший интерес вызывает применение магнитного воздействия на трубопроводах систем ППД и нефтесбора для снижения коррозионной активности транспортируемых жидкостей, воздействия на устойчивость эмульсии и повышения эффективности химреагентов. Причем магнитное воз-

действие может осуществляться постоянным и переменным полем, при этом важным моментом является возможность изменения формы напряженности.



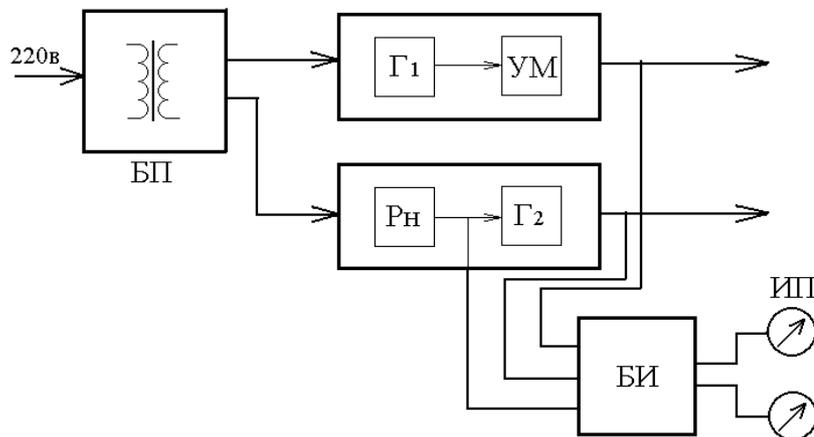
Рисунок 4 – Классификация аппаратов для магнитной обработки

Обзор научно-технической литературы и документации показал, что воздействие магнитным полем может успешно применяться на трубопроводах, транспортирующих коррозионно-активные жидкости и водонефтяные эмульсии. Несмотря на изобилие различных аппаратов и устройств для магнитной обработки, наблюдается ограниченное и осторожное применение их в промышленности. Это объясняется тем, что, получая в лабораторных условиях снижение, например, коррозионной активности минерализованной воды, вязкости водонефтяных эмульсий, промышленные аппараты не подтверждали своей эффективности, а в ряде случаев давали отрицательные результаты. В данной работе автором предложен концептуальный подход к конструированию устройств для магнитного воздействия, который позволяет осуществить подбор параметров магнитной обработки для конкретных перекачиваемых по промысловым трубопроводам жидкостей.

Во второй главе представлены выбор режимов магнитной обработки транс-

портируемых по промышленным трубопроводам жидкостей по параметрам частоты, формы изменения и значения напряженности магнитного поля и результаты лабораторных исследований совместного влияния ингибиторов коррозии и деэмульгаторов и магнитной обработки.

Для определения оптимальных параметров магнитной обработки перекачиваемых по трубопроводам жидкостей при содействии В.С. Кузнецова разработан экспериментальный стенд, основой которого является лабораторная электромагнитная установка УМПЛ (блок-схема на рисунке 5). Стенд позволяет изменять параметры магнитного поля: направление, частоту, напряженность и ее формы изменения – знакопеременная, пульсирующая, синусоидальная, прямоугольная, треугольная и импульсная.

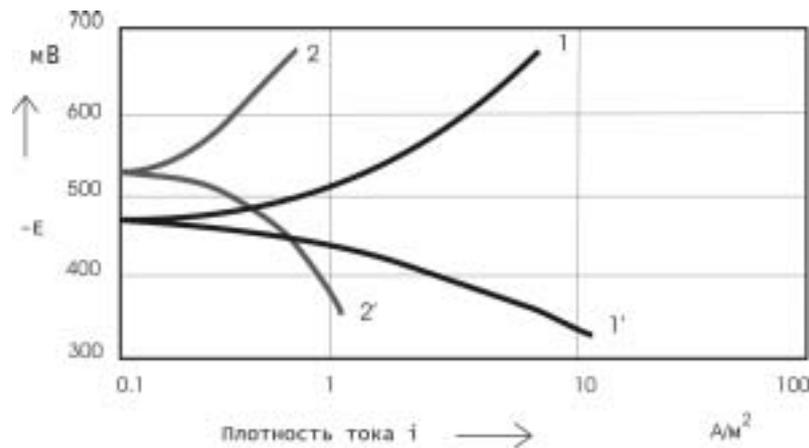


БП – блок питания; Г₁ – задающий генератор; Г₂ - импульсный генератор;
 УМ – усилитель мощности; Р_н – регулятор напряжения; БИ – блок измерения;
 ИП – измерительный прибор

Рисунок 5 – Блок-схема УМПЛ

Так как основной причиной отказов промышленных трубопроводов месторождений ТПП «Когалымнефтегаз» является коррозия внутренней поверхности трубы, исследования направлены на снижение высокой коррозионной активности транспортируемых жидкостей. Проведены лабораторные эксперименты по определению параметров магнитного поля, максимально снижающих коррозионную активность перекачиваемой жидкости Южно-Ягунского месторождения. Перекачиваемые по трубопроводам жидкости представляют собой пластовую воду водоносного горизонта «Сеноман» блочной кустовой насосной станции

(БКНС-5) и подтоварную воду с центрального пункта сбора (ЦПС) БКНС-3. Исследования проводили электрохимическим методом (с помощью потенциостата типа EP20A), который основан на снятии поляризационных кривых для металла, контактирующего с водой до и после применения магнитной обработки, а также последующем анализе хода катодных и анодных ветвей этих кривых (рисунок 6). Результаты приведены в таблице 1.



1-1' – без магнитной обработки; 2-2' – после обработки постоянным магнитным полем

Рисунок 6 – Поляризационные кривые для стали 20 в пластовой воде горизонта «Сеноман»

Таблица 1 - Плотность тока коррозии стали в зависимости от частоты и формы изменения напряженности магнитного поля

Вода	Плотность тока коррозии, А/м ²					
	Без магнитной обработки	Постоянное поле	Частота магнитного поля, Гц			
			5	10	20	30
Пластовая вода горизонта «Сеноман» БКНС-5	0,42	0,19	Прямоугольная форма изменения напряженности			
			0,27	0,35	0,34	0,35
			Треугольная форма изменения напряженности			
			0,31	0,36	0,34	0,35
			Синусоидальная форма изменения напряженности			
			0,26	0,31	0,35	0,34
Подтоварная вода с ЦПС БКНС-3	0,56	0,39	Прямоугольная форма изменения напряженности			
			0,20	0,21	0,24	0,25
			Треугольная форма изменения напряженности			
			0,36	0,34	0,43	0,40
			Синусоидальная форма изменения напряженности			
			0,29	0,29	0,34	0,32

Анализ хода катодных и анодных кривых показал, что магнитная обработка влияет как на катодную, так и на анодную полуреакцию электро-химического растворения. Причем магнитная обработка жидкости вызывает два взаимоисключающих явления: повышает термодинамическую нестабильность стали (сдвигает потенциал коррозии на 50 мВ) и одновременно ускоряет ее поляризуемость, что в целом снижает скорость коррозии стали в обработанной жидкости на 50-60 %.

Использование постоянного магнитного поля для обработки пластовой воды горизонта «Сеноман» позволяет снизить коррозионную активность на 55 %, переменное поле при частотах 5-30 Гц и различных формах изменения напряженности уменьшает активность воды на 30 %. Для подтоварной воды с ЦПС БКНС-3 наибольший эффект снижения коррозионной активности проявляет воздействие магнитного поля частотой 5-10 Гц с прямоугольной формой изменения напряженности.

Вязкие водонефтяные эмульсии с большим содержанием воды, транспортирующиеся по нефтепроводам, имеют определенные трудности с перекачкой. Нами проведены лабораторные испытания воздействия магнитного поля на разрушение водонефтяных эмульсий месторождений ТПП «Когалымнефтегаз». Эмульсии отбирали с Южно-Ягунского месторождения (удельный вес 0,840, содержание воды 56 – 70 %) и Ватьеганского (удельный вес 0,850, содержание воды 56 – 71 %). Обработка проводилась однократно путем пропускания эмульсии из делительной воронки через индуктор лабораторного стенда. Для каждой формы изменения напряженности магнитного поля частоту изменяли в пределах 10-150 Гц. Затем эмульсия перемешивалась в емкости в течение 2 минут и ставилась на отстой при комнатной температуре со снятием показаний степени разрушенности через 15, 30, 60 и 120 минут. Для каждого опыта брали 100 мл эмульсии. Результаты представлены в таблице 2.

Результаты испытаний показали, что магнитная обработка постоянным магнитным полем не позволяет существенно разрушить исследуемую водонефтяную эмульсию. Воздействие переменным полем с частотами 30-50 Гц и различными формами изменения напряженности увеличивает глубину обезвоживания нефти на 10-12 %. Таким образом, для разрушения водонефтяных эмульсий предпочтительней использование переменного магнитного поля.

Таблица 2 – Влияние магнитной обработки на содержание остаточной воды в эмульсиях

Эмульсия с местом рождения	Содержание остаточной воды, %					
	Без магнитной обработки	Постоянное поле	Частота магнитного поля, Гц			
			10	30	50	70
Южно-Ягунское	68,3	65,5	Прямоугольная форма изменения напряженности			
			62,0	62,1	60,0	62,0
			Треугольная форма изменения напряженности			
			60,5	60,1	59,8	59,0
Ватъеганское	69,0	66,0	Синусоидальная форма изменения напряженности			
			63,0	63,5	62,4	62,5
			Прямоугольная форма изменения напряженности			
			65,5	65,2	66,0	66,0
			Треугольная форма изменения напряженности			
			64,0	64,2	65,0	64,4
			Синусоидальная форма изменения напряженности			
			64,5	64,0	64,0	63,8

В дальнейшем исследования были направлены на оценку эффективности магнитного воздействия совместно с традиционно применяемыми химическими реагентами – ингибиторами коррозии и деэмульгаторами.

На трубопроводе, транспортирующем подтоварную воду БКНС-3, для снижения ее коррозионной активности применяют ингибитор коррозии ХПК-002ЮЯ с удельным расходом 50 г/т. Защитная эффективность ингибитора составляет 50 %. Магнитная обработка постоянным магнитным полем напряженностью 30 кА/м позволяет снизить коррозионную активность воды на 60 %. Проведены лабораторные исследования влияния магнитного воздействия на эффективность ингибитора коррозии. Магнитную обработку воды проводили после подачи ингибитора коррозии (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние магнитной обработки на эффективность ингибитора коррозии ХПК-002ЮЯ

Концентрация ингибитора, г/т	Эффективность ингибитора, %	
	без магнитной обработки	после магнитной обработки
1	2	3
120	97,4	98,1
50	60,1	96,4
40	59,7	92,5

Продолжение таблицы 3

1	2	3
30	51,1	90,4
20	42,3	82,4
10	30,5	73,8

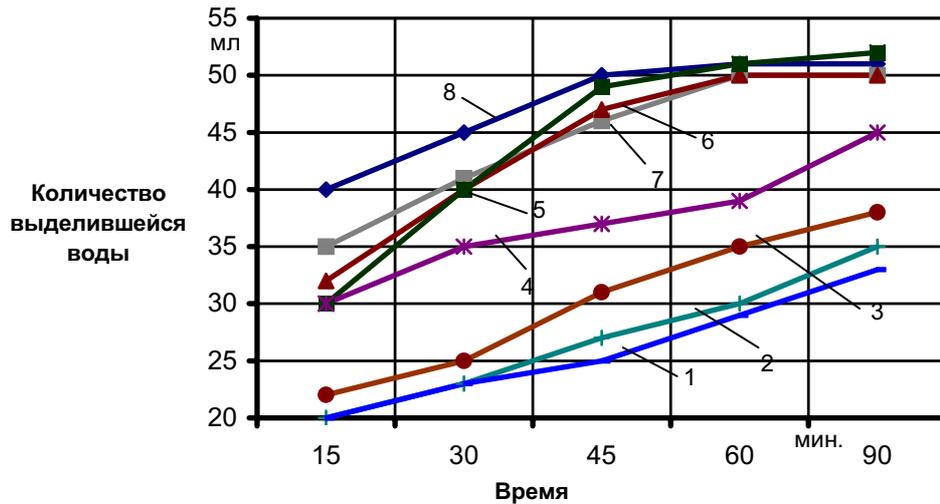
Применение постоянного магнитного поля напряженностью 30 кА/м увеличивает эффективность ингибитора коррозии. Так, при совместном использовании магнитной обработки и ингибитора коррозии ХПК-002ЮЯ защитный эффект последнего (92,5-90,4 %) проявляется при концентрации в подтоварной воде 40-30 г/т.

Проведены лабораторные испытания водонефтяных эмульсий Южно-Ягунского (обводненность 60 %), Ватьеганского (обводненность 56 %) месторождений ТПП «Когалымнефтегаз» и Вятской площади Арланского месторождения ОАО «Белкамнефть» (обводненность 80 %). Использовали разработанный автором совместно с сотрудниками «Когалымского завода химреагентов» деэмульгатор марки ХПД (патент РФ на изобретение № 2186827) с удельным расходом 40 г/т нефти и деэмульгатор СНПХ-4705 (100 г/т нефти). Результаты определения оптимальных параметров магнитного поля при обработке эмульсии свидетельствуют, что наиболее высокий результат получен при обработке водонефтяной эмульсии магнитным полем с треугольной формой изменения сигнала и частотой 20-40 и 110-150 Гц.

Так как химическая обработка транспортируемых по промышленным трубопроводам жидкостей является дорогостоящим мероприятием, то исследования направлены на снижение расхода деэмульгатора марки ХПД (эффективность без магнитной обработки при 40 г/т нефти составляет 41 %) при воздействии переменного магнитного поля с треугольной формой изменения напряженности и частотой 30 Гц (рисунок 7). После магнитной обработки эффективность деэмульгатора составила 68 % при 40 и 30 г/т нефти, а при 20 г/т нефти – 84 %.

Известно, что применение деэмульгаторов позволяет не только разрушить водонефтяные эмульсии, но и снизить вязкость эмульсий и уменьшить гидравлические потери в трубопроводе. Влияние магнитной обработки на вязкость нефтяного слоя определяли на водонефтяной эмульсии Вятской площади

Арланского месторождения.



без магнитной обработки: 1 - 20 г/т; 2 – 30 г/т; 3 – 40 г/т; 4 – 50 г/т ; при воздействии магнитного поля на водонефтяную эмульсию: 5 – 20 г/т; 6 –30 г/т; 7 –40 г/т; 8 – 50 г/т

Рисунок 7 – Эффективность деэмульгатора марки ХПД при разных концентрациях

Частота магнитного поля 10, 30 и 50 Гц. Замеры вязкости проводились в соответствии с ГОСТ 33-82 «Метод определения кинематической и расчет динамической вязкости» (таблица 4).

Таблица 4 – Влияние магнитной обработки на вязкость нефти Вятской площади Арланского месторождения

Удельный расход деэмульгатора СНПХ-4705, г/т	Частота магнитной обработки, Гц	Вязкость нефти при 40 °С (сСт) через	
		1 час	2 часа
0	Без МО	206	212
0	30	208	209
100	0	35,3	26,6
100	10	33,3	27,4
100	30	27,0	22,1
100	50	33,5	26,9

Таким образом, для воздействия на перекачиваемые по нефтепроводам водонефтяные эмульсии целесообразно использовать переменное магнитное поле с треугольной и импульсной формами изменения напряженности и частотой 30-

50 Гц, при этом подача деэмульгатора сокращается на 30 %.

В третьей главе приводится расчет параметров установок для магнитной обработки пластовой и подтоварной вод, транспортируемых по промышленным трубопроводам Южно-Ягунского месторождения с использованием специальной программы ПЭВМ.

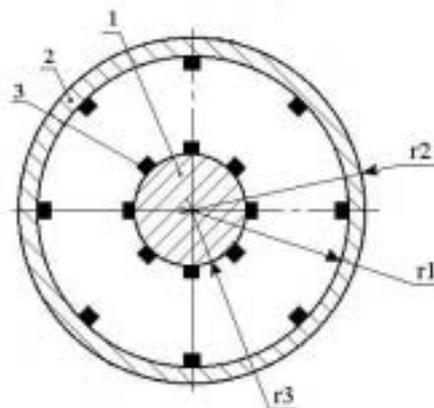
Магнитная обработка может осуществляться как высокочастотными, так и низкочастотными магнитными полями. Причем наибольший интерес представляет именно низкочастотное поле (до 50 Гц), так как его можно создать постоянными магнитами: $f \leq \frac{Q}{1800 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot S}$, где Q – расход перекачиваемой жидкости, м³/ч; d – внутренний диаметр трубопровода, м; S – минимальное расстояние между центрами магнитов, $S = 4d_m$, м; d_m – диаметр магнита, м. При создании переменного магнитного поля частотой более 50 Гц возникают сложности, требуются высокие скорости потока либо снижение напряженности магнитного поля из-за необходимости применения магнитов малого размера. Если отдельно взятый объем жидкости перемещать вдоль расположенных определенным образом постоянных магнитов, то поток жидкости будет находиться под воздействием магнитного поля, параметры которого зависят от скорости движения потока, параметров магнитов, их формы и расположения в пространстве. При этом можно создать условия, когда поток будет обрабатываться постоянным или переменным магнитным полем с заданными параметрами.

Для конструирования магнитных установок на постоянных магнитах автором предложен следующий концептуальный подход: с использованием экспериментального стенда производится подбор оптимальных параметров магнитного поля (напряженность, амплитудно-частотная характеристика), при которых происходит максимальное снижение коррозионной активности или изменение реологических свойств жидкостей, транспортируемых по промышленным трубопроводам; на основании данных параметров с использованием программы на ПЭВМ производится расчет и конструирование установок на постоянных магнитах. При расчете учитываются параметры используемого трубопровода, режим течения жидкости, давление и температура в трубопроводе. В разраба-

тываемых установках на каждое поперечное сечение движущегося по трубопроводу потока жидкости происходит воздействие магнитного поля от последовательно расположенных постоянных магнитов, в точности повторяющее характеристики, полученные на лабораторной установке и оптимальные для обрабатываемого продукта.

На Южно-Ягунском месторождении ТПП «Когалымнефтегаз» на трубопроводе БКНС-5, транспортирующем пластовую воду горизонта «Сеноман», планировалось применение магнитной обработки для снижения коррозионной активности воды. Рабочие параметры трубопровода: наружный диаметр трубы 219х16 мм, длина 200 м, объем перекачиваемой воды 200 м³/ч. Экспериментально установлено, что для эффективного снижения коррозионной активности воды «Сеноман» необходимо постоянное магнитное поле напряженностью 24-28 кА/м.

Магнитная установка представляет собой трубу требуемого диаметра, на внутренней стенке которой располагаются постоянные магниты. Внутри основной трубы располагается магнитный сердечник, представляющий собой трубу с наружным диаметром 50 мм, с внешней стороны которой располагаются магниты (рисунок 8).



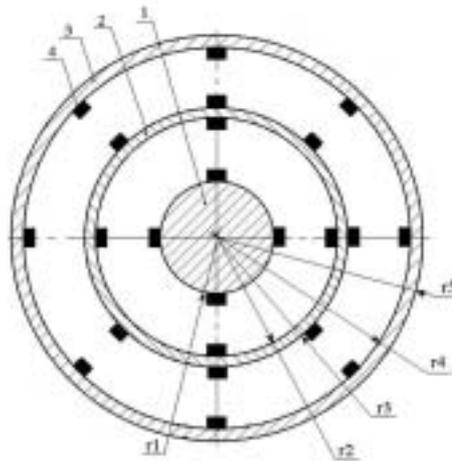
1 – магнитопровод; 2 – внешняя труба; 3 – постоянные магниты

Рисунок 8 – Вид магнитной установки (диаметр 219 мм) для обработки воды «Сеноман» БКНС-5

Количество и расположение постоянных магнитов, напряженность магнитного поля в зазоре рассчитываются с помощью специальной программы.

Выполнив расчет, получили размеры и параметры магнитной установки: длина 0,9 м; магниты располагаются по длине установки одинаковыми полюсами; на магнитопроводе магниты направлены противоположными полюсами, то есть линии магнитного поля направлены перпендикулярно обрабатываемому потоку. Напряженность магнитного поля в центре зазора 26 кА/м.

Аналогичные расчеты выполнены для магнитной установки (рисунок 9) при обработке подтоварной воды, перекачиваемой по трубопроводу БКНС-3 Южно-Ягунского месторождения ТПП «Когалымнефтегаз».



1 – магнитопровод; 2 - внутренняя труба; 3 – внешняя труба; 4 – постоянные магниты

Рисунок 9 – Вид магнитной установки (диаметр 325 мм) для обработки подтоварной воды БКНС-3

Трубопровод имеет наружный диаметр 325х6 мм, длину 1600 м, объем перекачиваемой воды 240-300 м³/ч. В этом случае для достижения требуемой напряженности и частоты магнитного поля постоянные магниты располагаются вдоль трубы с чередованием полюсов. Длина установки 0,75 м. Напряженность магнитного поля в центре зазора 48 кА/м.

Четвертая глава посвящена результатам испытаний разработанных установок для магнитной обработки транспортируемых по промысловым трубопроводам жидкостей.

С начала 2001 года в ТПП «Когалымнефтегаз» в НГДУ «Когалымнефть» проводились промысловые испытания разработанных и изготовленных Инжиниринговой компанией «Инкомп-нефть» установок (УМЖ) для магнитной обработ-

ки жидкости, транспортируемой по трубопроводам системы ППД. Установки УМЖ (ТУ 39-8-400-005-99) для магнитной обработки жидкости были смонтированы на следующих трубопроводах (с ламинарным течением) системы ППД Южно-Ягунского месторождения:

- трубопровод, транспортирующий подтоварную воду с УПСВ БКНС-1, длиной 250 м, диаметром 273x18 мм, объем перекачиваемой воды 500 м³/ч, скорость течения 3,2 м/с, $Re=873,6$;
- трубопровод, транспортирующий подтоварную воду с ЦПС БКНС-3, длиной 1600 м, диаметром 325x6 мм, объем перекачиваемой воды 240-300 м³/ч, скорость 0,87-1,1 м/с, $Re=282,8-357,5$, ингибитор ХПК-002ЮЯ с удельным расходом 50 г/т;
- трубопровод, транспортирующий пластовую воду горизонта «Сеноман» БКНС-4, длиной 350 м, диаметром 219x16 мм, объем перекачиваемой воды 104-125 м³/ч, скорость 1,04-1,25 м/с, $Re=227,8-273,8$;
- трубопровод, транспортирующий пластовую воду горизонта «Сеноман» БКНС-5 (схема БКНС-5 на рисунке 10), длиной 200 м, диаметр 219x16 мм, объем перекачиваемой пластовой воды 200 м³/ч, скорость 2 м/с, $Re=438$.

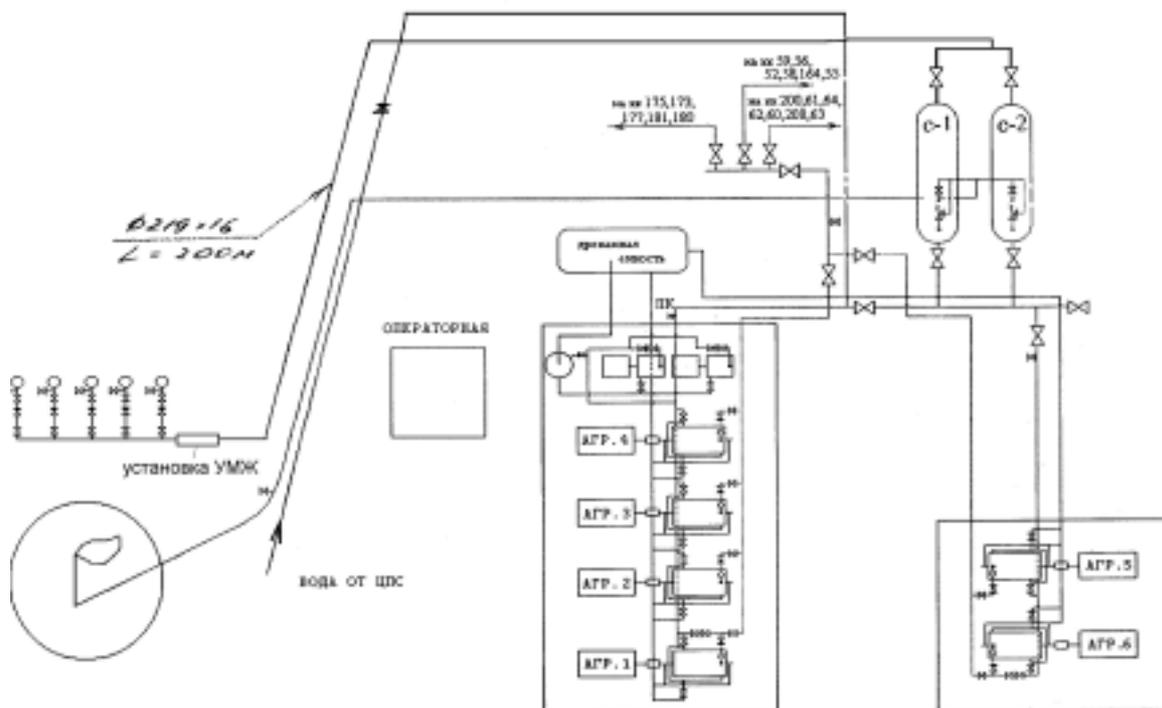


Рисунок 10- Место монтажа установки УМЖ на БКНС-5 Южно-Ягунского месторождения

Для оценки влияния магнитного поля на коррозионную активность перекачиваемых жидкостей проводились работы по определению скорости коррозии на указанных участках трубопроводов. Определение скорости коррозии проводили гравиметрическим методом в соответствии с ГОСТ 9.506-87. Образцы-свидетели для определения скорости коррозии и степени защитного действия были установлены в трубопроводы последовательно: до магнитной установки и после магнитной установки.

Результаты промышленных испытаний показали, что применение физического воздействия магнитного поля значительно снижает коррозионную активность транспортируемых жидкостей. Эффективность защиты трубопроводов от коррозии УМЖ в среднем составила 32 %. Причем при совместном использовании физического метода воздействия и химических реагентов, а именно магнитной обработки подтоварной воды БКНС-3 и ингибитора коррозии ХПК-002ЮЯ (50 г/т), коррозионная активность перекачиваемой жидкости уменьшилась на 20 % (скорость коррозии в присутствии ингибитора без воздействия магнитного поля в среднем 50 %, а при наложении магнитного поля – 68 %).

Аналогичные установки УМЖ смонтированы на трубопроводах системы ППД (УМЖ-325, УМЖ-114, УМЖ-168, УМЖ-159) и нефтепроводах (УМЖ-273, УМЖ-159) ННПУ-1 Вятской площади Арланского месторождения ОАО «Белкамнефть». В настоящее время проводятся испытания.

ВЫВОДЫ

1 Проанализировав текущее состояние промышленных трубопроводов (на примере Южно-Ягунского месторождения ТПП «Когалымнефтегаз»), выявлено, что для обеспечения долговечности трубопроводов системы ППД и нефтепроводов кроме существующих противокоррозионных мероприятий (лакокрасочные и футеровочные покрытия и химические реагенты) следует использовать методы физического и физико-химического воздействия на свойства транспортируемых жидкостей.

2 Экспериментально определены напряженность, частота магнитного поля, при которых достигается максимальный эффект магнитной обработки перекачиваемых по промышленным трубопроводам жидкостей. Так, при обработке транспор-

тируемых жидкостей Южно-Ягунского месторождения наибольшее снижение скорости коррозии (30-55 %) наблюдается при применении постоянного магнитного поля напряженностью 24-40 кА/м. При обработке водонефтяных эмульсий Южно-Ягунского и Ватьеганского месторождений эффект получен при воздействии переменного магнитного поля частотой 30-50 Гц и напряженностью 24-40 кА/м.

3 При совместном воздействии магнитной обработки и химических реагентов (ингибиторов коррозии и деэмульгаторов) удельный расход последних снижается на 20-30 %, защитная и деэмульгирующая эффективность сохраняется. Причем введение ингибиторов коррозии и деэмульгаторов следует осуществлять до проведения магнитной обработки.

4 Исходя из рассчитанных параметров (количество и расположение постоянных магнитов, напряженность в центре зазора), сконструированы установки для магнитной обработки транспортируемых по промышленным трубопроводам жидкостей Южно-Ягунского месторождения и Вятской площади Арланского месторождения. Инжиниринговой компанией «Инкомп-нефть» организовано производство установок магнитной обработки жидкостей (ТУ 39-80400-005-99). Установки магнитной обработки транспортируемых по трубопроводам жидкостей внедрены в ТПП «Когалымнефтегаз» (эффективность защиты трубопроводов от коррозии составила 32 %, эффективность ингибитора коррозии ХПК-002 ЮЯ, в результате совместного применения с магнитной установкой, возросла с 50 до 68 %), а также в ОАО «Белкамнефть», где в настоящее время проводятся испытания установок.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1 Лаптев А.Б., Шайдаков В.В., Инюшин Н.В., Хайдаров Ф.Р., Мугтабаров Ф.К., Халитов Д.М., Каштанова Л.Е. Изменение коррозионных характеристик промышленных вод под воздействием магнитных полей // БХЖ. – 2000. – Т. 7. - № 2. – С. 52-57.

2 Инюшин Н.В., Каштанова Л.Е., Лаптев А.Б., Мугтабаров Ф.К., Хайдаров Р.Ф., Халитов Д.М., Шайдаков В.В. Магнитная обработка промышленных жидкостей. - Уфа: ГИИТЛ «Реактив», 2000. – 58 с.

3 Гуров С.А., Хайдаров Ф.Р., Лаптев А.Б., Шайдаков В.В. Влияние напряженности и частоты магнитного поля на скорость растворения стали в хлоридном растворе // Химические продукты, реактивы, реагенты и процессы малотоннажной хи-

мии (Реактив-2000): Тез. докл. XIII Междунар. науч.-техн. конф. -Тула: Изд-во Тул. Гос. Пед. Ун-та им. Л.Н.Толстого, 2000.- С. 139-144.

4 Хайдаров Ф.Р., Лаптев А.Б., Шайдаков В.В. Использование магнитной обработки для расслоения водонефтяных эмульсий // Проблемы нефтедобычи Волго-Уральского региона: Тез. докл. межвузов. науч.-техн. конф. / Изд-во УГНТУ - Октябрьский, 2000. – С. 171.

5 Хайдаров Ф.Р., Голованов Н.В., Лаптев А.Б., Шайдаков В.В. Лабораторная установка для определения влияния магнитной обработки на водонефтяные дисперсные системы // Наука и технология углеводородных дисперсных систем: Тез. докл. Второго Междунар. симп.: Науч. тр. Т. 1 / ГИНТЛ «Реактив»- Уфа, 2000. – С. 270-271.

6 Шайдаков В.В., Лаптев А.Б., Инюшин Н.В., Хайдаров Ф.Р., Халитов Д.М., Каштанова Л.Е. Влияние магнитной обработки на водонефтяные эмульсии ТПП «Когалымнефтегаз». – Деп. в ВИНТИ 07.05.01, № 1173- В 2001.

7 Шайдаков В.В., Лаптев А.Б., Инюшин Н.В., Хайдаров Ф.Р., Никитин Р.В., Гарифуллин И.Ш., Грошев А.М., Баймухаметов М.К. Лабораторные исследования влияния магнитного поля на коррозию стали в условиях НГДУ «Уфанефть». - Деп. в ВИНТИ 07.05.01, № 1177-В 2001.

8 Шайдаков В.В., Князев В.Н., Инюшин Н.В., Хайдаров Ф.Р., Лаптев А.Б., Никитин Р.В. Исследования влияния магнитной обработки на водонефтяные эмульсии НПУ «Белкамнефть». - Деп. в ВИНТИ 07.05.01, № 1178-В 2001.

9 Кузнецов В.С., Инюшин Н.В., Хайдаров Ф.Р., Шайдаков В.В., Лаптев А.Б., Никитин Р.В. Лабораторная установка для определения параметров магнитной обработки жидкости - УМПЛ. - Деп. в ВИНТИ 07.05.01, № 1174-В 2001.

10 Шайдаков В.В., Лаптев А.Б., Инюшин Н.В., Хайдаров Ф.Р., Никитин Р.В., Гарифуллин И.Ш., Ганеева С.Р., Баймухаметов М.К. Лабораторные исследования влияния магнитного поля на водонефтяные эмульсии НГДУ «Уфанефть». - Деп. в ВИНТИ 07.05.01, № 1175-В 2001.

11 Хайдаров Ф.Р. Лабораторная установка магнитной обработки жидкости – УМПЛ // Проблемы нефти и газа: Тез. докл. III Конгр. нефтегазопромышленников России: Науч. тр. / ГИНТЛ «Реактив» - Уфа, 23-25 мая 2001г. – С. 118- 120.

12 Шайдаков В.В., Князев В.Н., Инюшин Н.В., Хайдаров Ф.Р., Лаптев А.Б., Га-

рифуллин И.Ш. Влияние магнитной обработки на водонефтяные эмульсии // Проблемы нефти и газа: Тез. докл. III Конгр. нефтегазопромышленников России: Науч. тр./ ГИИТЛ «Реактив» - Уфа, 23-25 мая 2001г. – С. 123- 124.

13 Инюшин Н.В., Ишемгужин Е. И., Каштанова Л.Е., Лаптев А.Б., Максимочкин В.И., Хайдаров Ф.Р., Шайдаков В.В. Аппараты для магнитной обработки жидкостей. – М.: Недра, 2001. – 145 с.

14 Хайдаров Ф.Р. Магнитная обработка жидкости в нефтепромысловых трубопроводах // Проблемы нефтегазового комплекса Западной Сибири и пути повышения его эффективности: Тез. докл. конф. – Когалым: Изд-во Когалым-НИПИнефть, 2001. – С. 136-137.

15 Хайдаров Ф.Р. Повышение работоспособности промысловых трубопроводов за счет снижения коррозионной активности транспортируемых жидкостей // Нефтегазовое дело [www: ogbus.net](http://www.ogbus.net) (authors). haid 2.pdf, 2002. – 10 с.

16 Инюшин Н.В., Хайдаров Ф.Р., Шайдаков В.В. Емельянов А.В., Чернова К.В. Анализ эксплуатации промысловых трубопроводов НГДУ «Когалым-нефть» // Нефтегазовое дело [www: ogbus.net](http://www.ogbus.net) (authors). shai 3.pdf, 2002. – 11 с.

Соискатель

Ф.Р. Хайдаров