

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уфимский государственный нефтяной технический университет»

На правах рукописи



ЯХИН БУЛАТ АХМЕТОВИЧ

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДГОТОВКИ НЕФТИ НА
ПРОМЫСЛАХ ЗА СЧЁТ ПРИМЕНЕНИЯ УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫХ
СТРУЙНЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СМЕСИТЕЛЕЙ С ВИХРЕВЫМИ
УСТРОЙСТВАМИ**

2.8.4. - Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание учёной степени кандидата технических наук

Научный руководитель:

доктор технических наук, доцент

Сидоров Георгий Маркелович

Уфа 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1 ОСНОВЫ ПРОЦЕССА ПОДГОТОВКИ НЕФТИ (ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР).....	12
1.1 Общие сведения о технологии подготовки нефти.....	14
1.2 Разрушение нефтяных эмульсий	20
1.3 Стадии процесса обессоливания нефти и факторы, влияющие на их эффективность.....	26
1.4 Анализ конструкций смесителей.....	27
ГЛАВА 2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	39
2.1 Экспериментальная часть	39
2.1.1 Устройство и принцип работы струйного гидравлического смесителя	39
2.1.2 Исследование глобул лабораторным способом с помощью отбора проб и фотографирования капель эмульсии нефти.....	41
2.2 Методика исследования	45
2.3 Моделирование смесителя	52
2.3.1 Исследование генерации турбулентной энергии в смесителе	53
2.3.2 Влияние соотношения длины к ширине прорези завихрителя нефти в струйном смесителе на его эффективность	58
ГЛАВА 3 РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ СМЕСИТЕЛЕЙ СГС С ВИХРЕВЫМИ УСТРОЙСТВАМИ ДЛЯ ОБЕССОЛИВАНИЯ НЕФТИ	67
3.1 СГС со спиралевидными прорезями турбулизатора потока нефти.....	67
3.2 Смеситель СГС с двумя диспергаторами воды	69
3.3 Смеситель СГС с секцией стабилизации потока	72
3.4 Смеситель СГС с вихревыми устройствами для смешения нефти с реагентами	75
ГЛАВА 4 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ АУДИТ УПН И РЕЗУЛЬТАТЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СМЕСИТЕЛЕЙ СГС С ВИХРЕВЫМИ УСТРОЙСТВАМИ.....	77

4.1 Процесс подготовки нефти на Ново-Суксинской УПВСН	80
4.2 Подготовка на УПН «Радаевская» ЦПН №1 АО «Самаранефтегаз»	86
4.3 Подготовка на УППН «Куеда» ЦДНГ №2, ООО «ЛУКОЙЛ-Пермь»	89
4.4 Подготовка на УПН «Аксеновская» ЦПСН «Просвет» ТПП «РИТЭК- Самара- Нафта»	95
4.5 Данные внедрения СГС в ПАО «Татнефть»	102
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	105
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ	107
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	108
ПРИЛОЖЕНИЕ	129

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Подготовка нефти на промыслах использованием современных устройств обессоливания нефти сопряжена со специфической особенностью современной стадии развития нефтяной и газовой индустрии РФ. Актуальность исследования процесса подготовки нефти связана переходом большого количества разрабатываемых крупных нефтяных месторождений в стадию интенсификации добычи.

В последние годы добыча нефти на старых месторождениях становится все труднее: поздняя стадия разработки характеризуется высокой выработанностью залежей нефти, максимальным снижением объема добычи за счёт значительного обводнения скважин, вследствие закачки в пласт воды с целью поддержания внутрискважинного давления. Обводненность добываемой нефти достигает более 80 %, при этом в ней высокая концентрация хлористых солей. Кроме того, с каждым годом увеличивается доля тяжелых и высоковязких нефтей.

Гравитационным методом довольно непросто достичь расслоения таких водонефтяных эмульсий, в составе которых находятся соли тяжелых металлов, частицы песка и другие диспергированные примеси, а также природные эмульгаторы, соответственно такие эмульсии очень стойкие. Необходимы специальные условия для их разрушения, например, для отделения воды от нефтяной эмульсии, прибегают к методам, благодаря которым осуществляется слияние капель воды, вследствие их столкновения.

На практике доказано, что в процессе глубокого обезвоживания нефти ближе к содержанию пластовой воды 0,1-0,3 % существенно высокая минерализация и остаточное содержание хлоридов составляет 100-300 мг/л (NaCl). Следовательно, одного только обезвоживания при подготовке к переработке нефти большинства месторождений недостаточно. Необходимо оставшуюся в нефтэмульсии соли и воду удалить с помощью процесса обессоливания, которое заключается в смешении нефтэмульсии со свежей пресной водой. При этом разрушаются образовавшиеся эмульсии с последующим

отделением от нефти промывной воды с перешедшими в нее солями и механическими примесями.

Применение специальных смесительных устройств перед электродегидраторами (ЭДГ) для смешения нефти с промывной водой подразумевается в современной технологии обессоливания нефти. Одним из способов увеличения глубины обессоливания нефти является интенсификация ее промывки с водой. Конструкция смесителя для смешения нефти с пресной водой оказывает большое влияние на эффективность и надежность работы блоков обессоливания нефти на установках ее промысловой подготовки.

Это возможно в таких аппаратах, как струйные гидравлические смесители. Сырая нефть, поступающая на подготовку, и промывочная вода содержат в себе большое количество механических примесей, которые быстро засоряют рабочие элементы смесителей в т.ч. форсунки, диспергирующие и фильтрующие элементы. В следствие этого высокая степень диспергирования воды в нефти в струйных смесителях достигается турбулизацией смешиваемых жидкостей благодаря следующим особенностям конструкции аппарата:

- смеситель должен обладать ничтожно малым гидравлическим сопротивлением потоку;

- конструкция смесителя должна иметь легко-обслуживаемые рабочие элементы, или предполагать такие щели в диспергирующих элементах, которые в процессе эксплуатации не забиваются примесями.

Одним из направлений интенсификации гидромеханических процессов в технологии подготовки нефти является использование вихревого движения потоков жидкости. Разработка современных усовершенствованных струйных аппаратов подачи пресной промывочной воды, работающего с применением завихрителя рабочей среды (нефти), которая направлена на повышение глубины обессоливания нефти и уменьшение расхода промывочной воды, является актуальной задачей, решение которой позволит повысить качество подготавливаемой нефти в соответствии с требованиями, предъявляемыми к дальнейшей её транспортировке и переработке.

В связи с этим особенно актуальными являются разработка и внедрение современных усовершенствованных струйных гидравлических смесителей с вихревыми устройствами.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России в сфере научной деятельности «Решение актуальных задач и исследование процессов в нефтехимических производствах, сопровождающихся течениями многофазных сред» FEUR – 2020 – 0004.

Степень разработанности темы исследования

Существующей проблеме по совершенствованию процессов подготовки нефти и аппаратного оформления смесителей для обессоливания нефти, изучению структуры и гидродинамической устойчивости закрученных потоков, разработке инженерных методик расчета поточных смесителей с использованием средств вычислительной гидродинамики и модернизация применяемых смесителей посвящены работы многих российских и зарубежных учёных: Галиакбаров В.Ф., Хамидуллин Р.Ф., Шуров В.И., Булатов А.И., Голубев В.Ф., Лаптев А.Б., Позднышев Г.Н., Проселков Ю.М., Репин Н.Н., Шаманов С.А., Дунюшкин И.И., Садриев А.Р., Тронов В.П., Мищенко И.Т., Ахметов В.К., Вурзель А.Ф., Сахабутдинов Р.З., Губайдуллин Ф.В., TheronF., LeSauzeN., GasparI., TekicP., KorisA., Ataki, Adel G.A.

Целью работы является совершенствование технологии подготовки нефти с применением усовершенствованных струйных гидравлических смесителей с вихревыми устройствами.

Основные задачи исследований

1. Анализ существующего состояния технологий и техники промышленной подготовки нефти на основе обзора литературных данных и собственных исследований процессов обезвоживания и обессоливания нефти на промыслах.

2. Моделирование процессов смешения нефтяных эмульсий с пресной водой в струйных аппаратах. Выявление зависимости изменения степени турбулизации потока и диспергации воды от закручивания смешивающихся

потоков для интенсификации процесса отделения солей и воды из нефтеэмульсии в процессах обезвоживания и обессоливания нефти.

3. Определение способов повышения эффективности отделения минерализованной воды из нефтеэмульсии путем моделирования процесса смешения методом CFD-анализа смесителей различных конструкций смешения нефтеэмульсии с пресной водой.

4. Применение полученных результатов моделирования структуры движения потоков в разработке инновационного струйного гидравлического смесителя с вихревым устройством.

5. Проведение широкомасштабных опытно-промышленных испытаний усовершенствованных струйных гидравлических смесителей с вихревыми устройствами на промысловых объектах подготовки нефти.

Научная новизна

1. Установлена зависимость степени диспергирования воды от изменения структуры потока рабочей среды (нефтеэмульсии), за счёт увеличения степени турбулизации потока и уровня генерации турбулентной энергии и как следствие, высокий уровень гомогенизации смеси, путём оснащения смесителей завихрителем потока нефти в процессе смешивания нефтеэмульсии в промывочной водой в технологии глубокого обезвоживания и обессоливания нефти.

2. Выявлены оптимальные геометрические размеры тангенциальных отверстий закручивающего устройства (завихрителя нефти) в струйных гидравлических смесителях, которые влияют на степень турбулизации потока нефти и интенсивность смешения нефтеэмульсии с промывочной водой. Установлено, что оптимальные соотношения длины к ширине отверстия закручивающего устройства, находятся в диапазоне от 7 до 10.

3. На основе моделирования закручивающего устройства нефти разработаны усовершенствованные струйные гидравлические смесители, позволяющие улучшить глубину обессоливания нефти за счёт интенсификации процесса отделения воды из нефтеэмульсии.

Методология и методы исследования

Задачи исследования решались с применением теории моделирования, методов математической статистики. Моделирование процесса смешения выполнено методом CFD-анализа (Computational fluid dynamics–вычислительная гидродинамика) в программном комплексе ANSYS CFX. Двухфазное течение описывалось Эйлер-Эйлеровским методом (Eulerian- Eulerian method). Предметом исследования были выбраны статистические данные и информация, полученная с при помощи стандартных средств и методов измерений в процессе проведения опытно-промышленных испытаний и промышленной эксплуатации смесителей.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Тема и содержание диссертационной работы соответствуют формуле специальности 2.8.4. Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений, являющейся областью науки и техники, которая занимается изучением, мониторингом, проектированием и управлением природно-техногенных систем в процессе извлечения углеводородов из недр земли (нефти и природного газа), а также других компонентов на базе рационального недропользования: это ресурсосберегающие, экологически безопасные и рентабельные технологии освоения недр, процессы подготовки скважинной продукции и геолого-технические системы длительного и безаварийного функционирования нефти-газодобывающих предприятий.

Областью исследования являются технологии и технические средства подготовки скважинной продукции, диагностика промыслового оборудования и сооружений, которые обеспечивают промысловую подготовку нефти к дальнейшей её транспортировке, с применением научных разработок, лежащих в основе ресурсосбережения и использования современных комплексных методов подготовки нефти к дальнейшей переработке.

Положения, выносимые на защиту

1. Зависимость степени турбулизации потока и интенсивность смешения нефтеэмульсии с промывочной водой от закручивающего устройства (завихрителя нефти) в струйных гидравлических смесителях.

2. Выявленные оптимальные геометрические размеры соотношения длины и ширины тангенциальных отверстий закручивающего устройства нефти в струйных гидравлических смесителях с вихревыми устройствами.

3. Влияние размеров тангенциальных отверстий закручивающего устройства (завихрителя нефти) в струйных гидравлических смесителях на изменение кинетической энергии турбулизации и на степень диспергации воды.

4. Новые конструктивные решения в струйных гидравлических смесителях, обеспечивающие интенсификацию вихревого турбулентного потока и влияющие на процесс отделения воды из нефтеэмульсии.

5. Результаты практического совершенствования технологии промышленной подготовки нефти с использованием усовершенствованных струйных гидравлических смесителей с вихревыми устройствами.

Теоретическая и практическая значимость работы

1. Выявлена возможность максимального эффективного смешения потоков путём задания геометрических размеров прорезей закручивающего устройства (завихрителя нефти) струйного гидравлического смесителя при использовании средств вычислительной гидродинамики в среде Ansys Fluent; так же возможность расчёта оптимальных конструктивных размеров при проектировании струйного гидравлического смесителя в целом.

2. Установлено влияние размеров тангенциальных отверстий закручивающего устройства (завихрителя нефти) в струйных гидравлических смесителях на изменение кинетической энергии турбулизации и зависимость степени диспергации воды влияющие на процесс отделения воды от нефтеэмульсии.

3. Разработаны усовершенствованные конструкции струйных гидравлических смесителей, призванные обеспечить эффективность операций глубокого обезвоживания, обессоливания и существенную экономию ресурсов на промышленной подготовке нефти.

4. Результаты внедрения более 100 усовершенствованных струйных смесителей с вихревым устройством в период с 1999 по 2021 год и масштабные

опытно-промышленные испытания на установках подготовки нефти 12 крупных предприятий топливно-энергетического комплекса России показали высокую эффективность работы усовершенствованных струйных смесителей с вихревым устройством в сравнении с известными российскими и зарубежными аналогами. Степень обессоливания доведено до 95% в зависимости от состава сырья и достигнут колоссальный экономический эффект за счёт сокращения ресурсов на подготовку одной тонны нефти, прежде всего расхода пресной воды до 40% от существующей нормы расхода и снижения энергетических затрат.

Степень достоверности и апробация результатов работы

Основные положения данной диссертационной работы были доложены и прошли обсуждение на научных конференциях и семинарах: это - 68-я научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых УГНТУ, г. Уфа, 2017; далее Нефтегазопереработка – 2017: Международная научно-практическая конференция; г.Уфа, ГУП ИНХП РБ; на семинаре «Оптимизация систем сбора, подготовки и транспорта нефти. Утилизация попутного нефтяного газа, 2018». 23-25 октября 2018 г., г.Уфа; на 8 ежегодном Научно-техническом совете блока логистики, переработки и сбыта ПАО «Газпром нефть». 12.12.2018 г., г. СПб.

Основные положения и сформулированные выводы диссертационной работы обоснованы исследованиями с применением теории моделирования, методом математической статистики. Моделирование процесса смешения выполнено современным методом CFD-анализа (Computational fluid dynamics – вычислительная гидродинамика) в программном комплексе ANSYS CFX. Новизна разработанных конструкций струйных гидравлических смесителей подтверждена полученными патентами на сами изобретения и полезные модели. Эффективность и преимущество разработанных конструкций смесителей перед известными отечественными и зарубежными аналогами подтверждена внедрением на практике и широкомасштабными опытно-промышленными испытаниями.

За разработку и широкое промышленное внедрение струйных гидравлических смесителей на практике соискатель удостоен почетного звания:

лауреат Государственной премии Республики Татарстан в области науки и техники; Лауреат премии имени академика И.М. Губкина; Лауреат премии ПАО Газпром в области науки и техники; лауреат республиканского конкурса «Лучшие товары Башкортостана»; лауреат Всероссийского конкурса «100 лучших товаров России».

Автором опубликовано 19 научных трудов, том числе по теме диссертации 12 работ: 3 статьи опубликованы в ведущих рецензируемых научных журналах, которые входят в перечень ВАК РФ, зарегистрировано 4(четыре) патента на изобретение и полезную модель, 5(пять) статей и тезисов в соответствующих журналах и материалах проведенных конференций.

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка из 184 наименований. Работа изложена на 165 страницах текста, содержит 16 таблиц и 58 рисунков.

ГЛАВА 1 ОСНОВЫ ПРОЦЕССА ПОДГОТОВКИ НЕФТИ (ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР)

В нефти, добываемой из недр земли, всегда присутствуют такие компоненты как, попутный нефтяной газ, механические примеси и пластовая вода, в которой растворены различные соли. Эти примеси негативно влияют на транспортировку и переработку нефти, поэтому необходима промысловая подготовка нефти для доведения ее качества до стандартных требований.

Присутствие пластовой воды в нефти удорожает транспортировку по трубопроводам и переработку нефти. Также из-за большого содержания воды повышается давление на установках перегонки нефти, вследствие этого снижается их производительность, расходуется излишнее тепло на подогрев и испарение воды. Расходы при транспортировке по трубопроводам возрастают не только из-за перекачки балластной воды, но и за счет эмульсий, которые увеличивают вязкость нефти [1, 2].

Присутствующие в нефтэмульсии механических примесей приводят к износу трубопроводов и технологического оборудования, к отложениям в теплообменниках и в печах, тем самым снижается коэффициент теплопередачи и производительность установки.

Переход большого количества нефтяных месторождений на стадию падающей добычи это отличительная черта развития нефтегазовой промышленности РФ считается, что характеризуется во-первых высокой выработанностью залежей нефти и во-вторых значительным обводнением продукции скважин, которая является следствием закачки в продуктивный пласт воды с целью поддержания внутрислоевого давления.

Вода, закачиваемая в нагнетательные скважины, растворяет минералы пластовой породы. Пластовой воде характерно наличием в ней растворенных хлоридов натрия, кальция и магния, а также карбонатов и сульфатов.

С другой стороны, в условиях существенного увеличения объемов нагнетания воды для поддержания пластового давления, а также недостаточной

эффективности технологий ограничения непроизводительной фильтрации нагнетаемой воды в пласте также происходит рост обводненности скважин. С ростом обводненности добываемой жидкости вязкость эмульсии претерпевает значительные изменения.

Совместное присутствие в добываемых нефтяных эмульсиях, хлоридов, металлов и сероводорода происходит взаимно инициируемая цепная реакция коррозии металла, при наличии воды. Если же в нефти отсутствуют или содержатся в малом количестве хлориды металлов, то интенсивность коррозии низкая, следовательно, подготовка нефти на промыслах занимает одно из важных положений среди процессов, связанных с добычей, сбором и дальнейшим транспортированием подготовленной нефти.

Подготовленная товарная нефть, поставляемая потребителю по магистральному трубопроводу, должна соответствовать требованиям согласно ГОСТ Р51858-2002, которые приведены в Таблицах 1.1-1.2.

Таблица 1.1 – Классы нефти

Класс нефти	Наименование	Массовая доля серы, %
1	малосернистые	до 0,6 включительно
2	сернистые	от 0,61 до 1,8
3	высокосернистые	от 1,81 до 3,5
4	особо высокосернистые	свыше 3,5

Таблица 1.2– Группы нефти

Наименование показателя	Норма для нефти группы			Метод испытания
	1	2	3	
1 Массовая доля воды, %, не более	0,5	0,5	1,0	По ГОСТ 2477 и 9.5 ГОСТ Р51858-2002
2 Массовая концентрация хлористых солей, мг/дм ³ , не более	100	300	900	По ГОСТ 21534 и 9.6 ГОСТ Р51858-2002
3 Массовая доля механических примесей, %, не более	0,05			По ГОСТ 6370
4 Давление насыщенных паров, кПа (мм рт. ст.), не более	66,7 (500)			По ГОСТ 1756, ГОСТ Р 52340 и 9.8 ГОСТ Р51858-2002
5 Массовая доля органических хлоридов во фракции, выкипающей до температуры 204 °С, млн. ⁻¹ (ppm), не более	10	10	10	По ГОСТ Р 52247 или приложению А (6)

1.1 Общие сведения о технологии подготовки нефти

Основными процессами подготовки нефти на промыслах до товарных кондиций являются: обезвоживание; обессоливание и стабилизация.

Первичная подготовка нефти подразумевает следующие процессы:

- дегазация – удаление газов из сырья;
- стабилизация – удаление легких фракций из сырья;
- обезвоживание – отделение воды от нефти;
- обессоливание – удаление солей из подготавливаемой нефти.

Существует определенная последовательность выполнения операций по подготовке товарной нефти:

- из скважины нефть попадает в установку предварительного сброса воды, сюда же подается деэмульгатор;
- под воздействием воды и ПАВ нефть частично отделяется от газа и воды;
- далее нефть подогревается;
- на следующем этапе в специальных отстойниках нефть окончательно отделяется от остатков воды;
- далее подается пресная вода в нефть для полного освобождения её от солей;
- затем смесь направляется в ЭДГ, где достигается выпадение воды и отделение нефти;
- после приведения остаточных солей и воды в соответствие с нормой, нефть подается в вакуумный сепаратор.

На Рисунке 1.1 изображена технологическая схема типовой установки подготовки нефти.

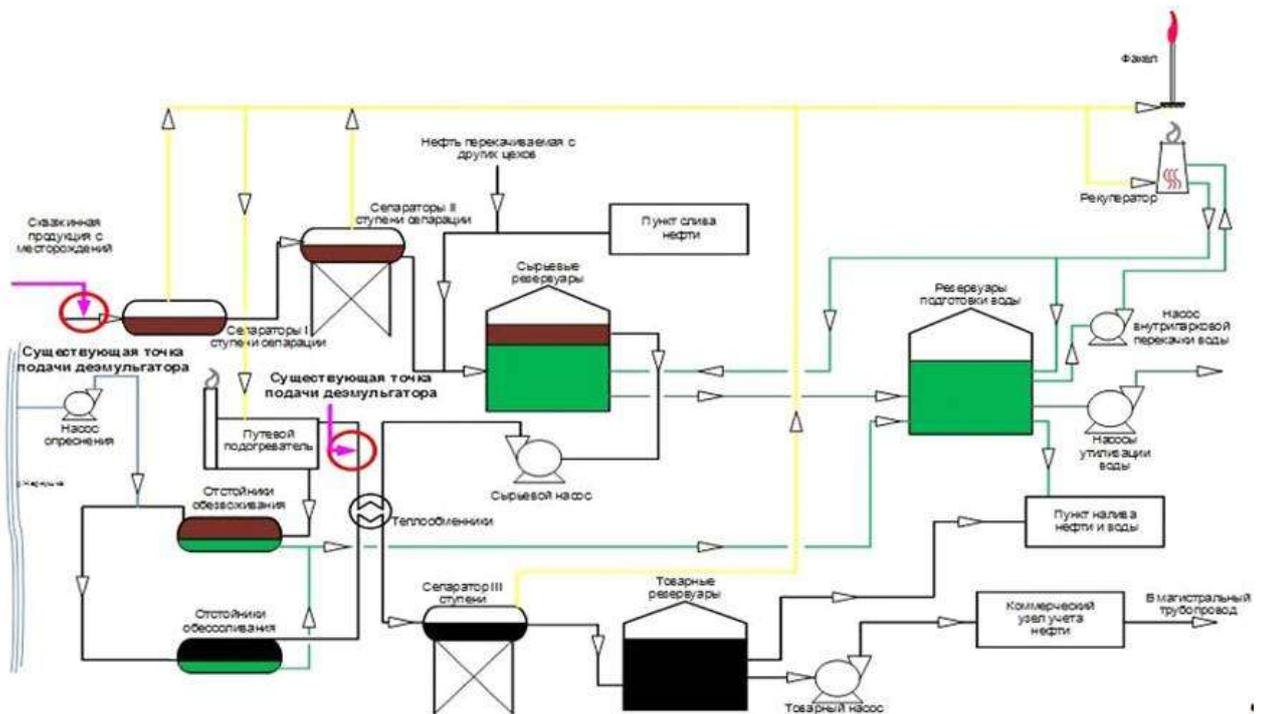


Рисунок 1.1 – Технологическая схема типовой установки подготовки нефти

Физико-химические свойства продукции скважин различных месторождений отличаются друг от друга. Например, сравнение физико-химических свойств ВНЭ месторождений Удмуртии и продукции Верх-Тарского месторождения, находящегося в начальной стадии разработки (ОАО «Новосибирскнефтегаз», Таблица 1.3), показывает, что первые более тяжелые (плотность 1054-1129 кг/м³), обводненность высокая (82-87 % масс.), содержание механических примесей 0,04-0,09 % масс., незначительный газовый фактор (5,8-22,6 м³/т) [3-5], а сама нефть высоковязкая (вязкость 0,012-0,098 Па·с). Продукция же скважин Верх-Тарского месторождения практически безводная (содержание воды менее 1 % масс.), кроме того, она легкая (плотность 790 кг/м³), имеет незначительную вязкость (0,0018 Па·с) и газовый фактор ее превышает газовый фактор нефти удмуртских месторождений до 10 раз.

Воду, добытую совместно с нефтью, принято называть пластовой, на выкиде из отстойного оборудования- дренажной, а после смешения ее с пресной-сточной. Физико-химические свойства как пластовой, так и сточной воды различных месторождений практически одинаковы. Если в пластовой воде содержание солей составляет порядка 200000-250000 мг/дм³, то сточная вода, как видно из Таблицы 1.4, минерализована с меньшей концентрацией – 105214-224800 мг/дм³. При этом содержание хлоридов оказывается равным 95133-139844 мг/дм³, т. е. порядка 90,4-62,2 % масс. Поэтому соли этой воды называются хлористыми.

Хлористые соли попадают в нефть вместе с эмульгированной водой. Нефть сама по себе не содержит солей. Редкие ситуации обнаружения незначительного их содержания (до 15 мг/л нефти) возможны в случаях, когда в процессе добычи нефть проходит через соляные отложения и их кристаллы попадают в нефть в виде механических примесей, либо в исходной нефти содержится мало мелкодисперсные, сильно минерализованные пластовые воды растворимые в нефти, но соли оседают как микрокристаллы [6-7].

Таблица 1.3 – Показатели нефти

Показатели	Мишкинское	Гремихинское	Верх-Тарское
Плотность ВНЭ, кг/м ³	1080	1080	790
Вязкость нефти, Па·с	0,081	0,098	0,0018
Содержания в нефти, %			
воды	82	85	<1
механических примесей	0,09	0,04	0,03
серы	1,2	3,5	—
Газовый фактор, м ³ /т	7,2	6,15	100-120

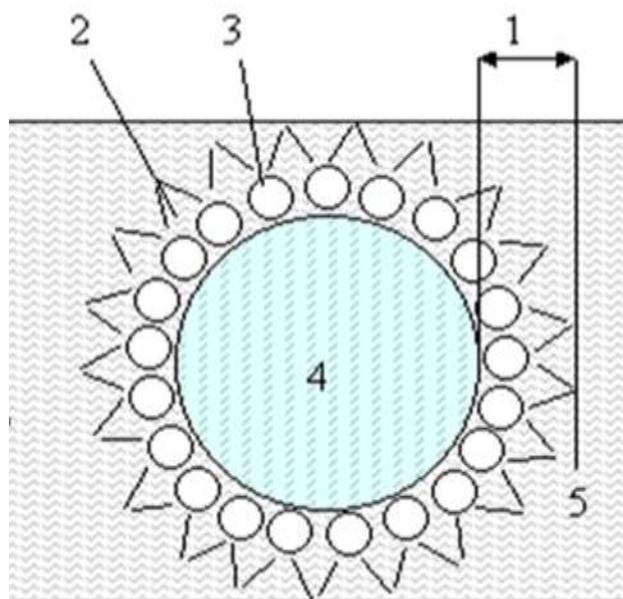
Таблица 1.4–Показатели нефти

Показатели	Мишкинское	Гремихинское	Верх-Тарское
Плотность, кг/м ³	1120	1110	1010
Содержание солей, мг/дм ³	177150	157930	16040
Cl	109749	97389	96795
SO ₄	375,3	556	175,7
НСО ₃	213,5	136,6	541
Ca	10 674	9749	96,2
Mg	3419	2452	5542,5
Na+K	52714	47648	—
H ₂ S, мг/дм ³	0,56	93,5	—
Fe, мг/дм ³	57	0,04	—
pH	7,5	6,5	—

Процесс обессоливания нефти состоит в промывании сырья путём смешивания нагретой нефти с пресной водой. Вследствие разрушения образуемой при этом водонефтяной эмульсии происходит отделение воды с солью от нефти, а следовательно, обессоливание. Необходимо интенсивное перемешивание, обеспечивающее необходимый контакт между капельками пресной и соленой

воды, для достижения глубокого обессоливания, таким образом, существенное влияние на процесс обессоливания имеет оптимальное смешение нефти с промывной водой и деэмульгатором. Однако излишне интенсивное смешение нефти с пресной водой часто образует трудно разрушаемую устойчивую вторичную эмульсию. Таким образом, с целью выставления оптимальной подачи промывной воды и управления ходом обессоливания необходимо иметь регулируемые смесители нефть-вода.

Эмульсия– это гетерогенная система, смесь двух взаимно не растворимых (ничтожно мало растворимых) жидкостей, одна из которых диспергирована в другой в виде мелких капелек (глобул) диаметром, превышающим 0,1 мкм. Внутреннюю жидкость называют дисперсной фазой, а жидкость, в которой она находится – дисперсионной средой (внешней). Нефтяные эмульсии подразделяются на два типа– нефть в воде; – вода в нефти. Обычно при добыче нефти встречаются эмульсии типа вода в нефти. Пластовая вода в таких эмульсиях находится в широком диапазоне (от 0,1 до свыше 90 %). На Рисунке 1.2 приведена модель фрагмента водонефтяной эмульсии.



1 – толщина плёнки, 2 и 3 – эмульгирующие вещества, 4 – капля воды,
5 – нефть

Рисунок 1.2–Пленка на поверхности глобул воды

Эмульсии различаются концентрацией дисперсной фазы:

- слабоконцентрированные, содержание дисперсной фазы < 20%;
- концентрированные (20-74%);
- высококонцентрированные (> 74%).

Диаметр глобул подтоварной воды в водонефтяных эмульсиях составляет 0,0001-0,25 мм, это связано с тем, что более крупные глобулы легко подвергаются коалесценции и осаждаются при создании статических условий.

Эмульсии классифицируются в зависимости от дисперсности:

- мелкодисперсные с размером капель воды 0,2-20 мкм;
- среднедисперсные – 20-50 мкм;
- грубодисперсные – 50-100 мкм.

Условием образования эмульсии является наличие стабилизаторов – эмульгаторов, к которым относятся ПАВ, такие как нафтеновые кислоты, жирные кислоты, смолы, асфальтены, асфальтогенные кислоты и их ангидриды.

Структурные формулы смол и асфальтенов представлены на Рисунке 1.3.

Данные молекулы имеют как фрагменты, обладающие сродством к воде, так и части, имеющие сродство с углеводородами нефти. В результате чего они образуют «мостик» между молекулами воды и нефти и способствуют стабилизации эмульсии. Смолы и асфальтены относятся к основным стабилизаторам эмульсий.

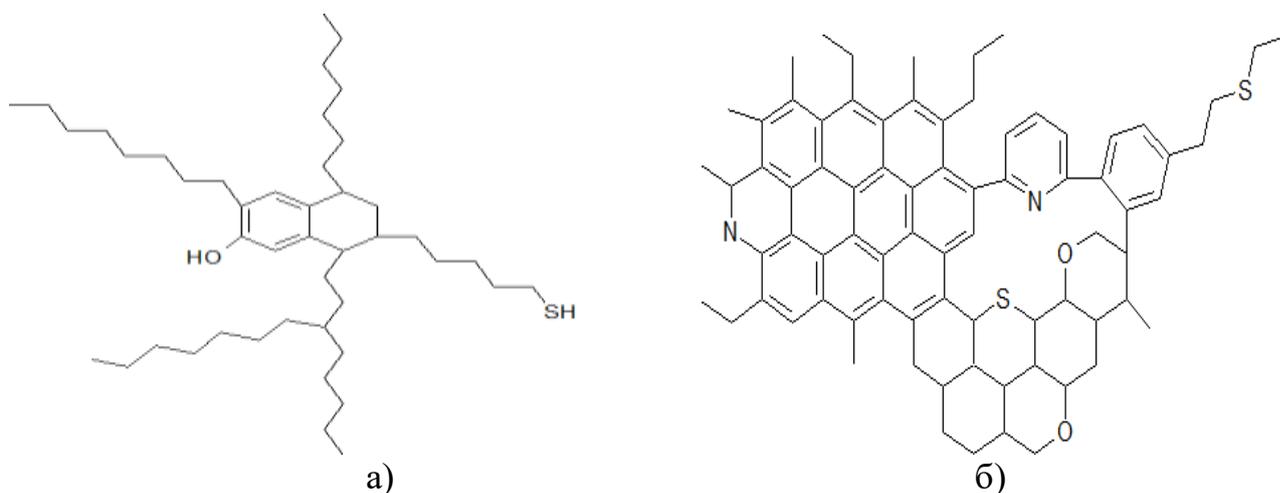


Рисунок 0.3– Схематическое строение молекул: а) смол; б) асфальтенов

Твердые высокодисперсные вещества, такие как механические примеси, металлы и сульфид железа оказывают существенное влияние на процесс подготовки нефти. Образуются прочные бронирующие слои вследствие того, что фазы прилипают к диспергированным каплям воды.

С течением времени происходит «старение» (стабилизация) эмульсии. Изначально этот процесс происходит весьма интенсивно, однако поверхностный слой глобул насыщаясь эмульгаторами замедляется вплоть до прекращения процесса. Прочность пленки угленосной нефти достигает максимальной величины через 15 часов, а для девонской нефти данный предел достигается через 20 часов. Характерное свойство застаревших эмульсий – плохое расслаивание [8-17].

1.2 Разрушение нефтяных эмульсий

Основными способами разрушения эмульсий являются: отстаивание, фильтрация, центрифугирование, термическая и термохимическая обработка, обработка в электрическом поле. Как правило, в промышленных условиях применяют термохимическую и электрическую обработку эмульсий. Трудность и сложность процесса разрушения природных нефтяных эмульсий заключается в том, что в них глобулы (капельки воды) упрочняются несколькими оболочками: первую образует нафтенат – Са и – Mg в виде сольватной оболочки; вторая оболочка – прочная пленка из адсорбированных на поверхности глобулы молекул смол и асфальтенов; и третья – броневая оболочка из твердых частичек, адсорбированных на поверхности водной глобулы. Этот трехслойный "пирог" способен "стареть", особенно в присутствии порфиринов, содержащихся в нефти и выполняющих роль гелеобразователей.

Один из самых экономичных и простых методов расслоения эмульсии, это отстаивание, при котором разделение происходит благодаря разности плотностей воды и нефти за счёт действия силы тяжести. С целью повышения скорости процесса применяется подогрев нефти, что снижает вязкость дисперсионной среды. В свою очередь подогрев приводит к увеличению стоимости обессоливания и к усилению коррозионного износа оборудования. В связи с этим

обезвоживание проводят при оптимальном температурном режиме или путём снижения вязкости нефти и прочности оболочек [18-22].

Разложение эмульсии содержит в себе следующие этапы:

- соударение диспергированных частиц;
- соединение их в крупные глобулы;
- составление сплошных отдельных слоев нефти и воды за счёт осаждения крупных частиц.

Вследствие турбулентного движения потока, механического перемешивания, отстаивания происходит столкновение диспергированных частиц. Далее в результате столкновения нарушается структура разделяющих слоев и их механическая прочность, частицы соединяются. От скорости слияния диспергированных частиц зависит скорость всего процесса разложения эмульсии. Дальнейшее формирование сплошных фаз нефти и воды, а соответственно, скорость выпадения соединенных частиц прямо зависят от разности плотностей нефти и воды (с ростом увеличивается), размера глобул (с ростом увеличивается), вязкости дисперсионной среды (с ростом уменьшается). При этом диаметр стойких капель зависит от многих факторов, в том числе от режима движения и скорости самого потока, поверхностного натяжения на границе раздела и вязкости нефти и воды [23-28].

Математическая модель процесса капле-образования включает математическое описание процессов разрушения водонефтяной эмульсии (массообменные) и капле-образования и позволяет рассчитывать диаметр формирующейся в потоке эмульсии капли, поверхностное натяжение, линейную скорость потока, диаметр и длину трубопровода и др. показатели [4]. Диаметр капли в математической модели рассчитывается по методике Тронова.

$$d_{max} = 43,3 \cdot \frac{\sigma^{1,5} + 0,7\mu_B \cdot u^{1,5} \cdot \sigma^{0,8}}{u^{2,4} \cdot Re^{0,1} \cdot v_{CM}^{0,1} \cdot \rho_H \cdot \mu_H^{0,5}}, \quad 1)$$

где d_{max} – максимальный размер устойчивых капель; σ – поверхностное натяжение, Н/м; μ_B , – динамическая вязкость воды, Па·с; u – средняя объемная

скорость потока, м/с; $\nu_{см}$ – кинематическая вязкость смеси, м²/с; ρ_H – плотность нефти, кг/м³; μ_B – динамическая вязкость воды.

Схема процесса осаждения базируется на известных законах отстаивания капель воды под действием сил тяжести [29, 30]:

$$V_{ос.} = \frac{\rho_B D_0^2}{18 \mu_H} \left(1 - \frac{\rho_H}{\rho_B}\right) g, \quad (2)$$

где ρ_B – плотность воды кг/м³; D_0 – диаметр капли, м; ρ_H – плотность нефти кг/м³; μ_H – динамическая вязкость нефти (Па·с); g – ускорение силы тяжести, м/с².

В соответствии со схемой дробления (Рисунок 1.4) можно положить, что условие разрыва капли представляется в виде [129]:

$$c_T \rho_1 u_T^2 = \frac{2\sigma}{\delta}, \quad (3)$$

где σ – поверхностное натяжение; u_T – пульсационная скорость турбулентного потока; c_T – эмпирическая константа порядка единицы; ρ_1 – плотность дисперсной фазы; δ – размер капли.

Откуда размер капли:

$$\delta = \frac{2\sigma}{c_T \rho_1 u_T^2}, \quad (4)$$

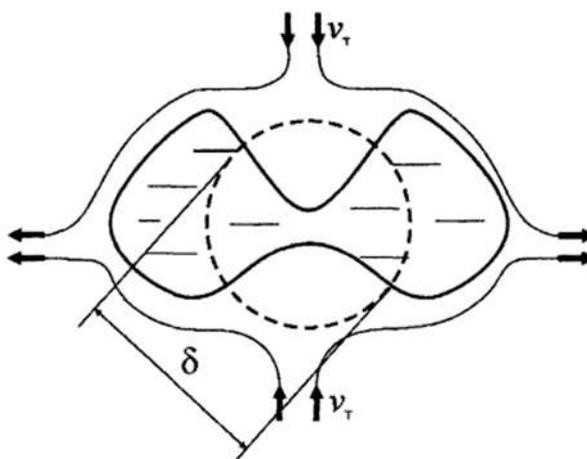


Рисунок 1.4 – Механизм дробления капли пульсационными струями турбулентного потока

Так как кинетическая энергия турбулизации прямо пропорциональна скорости, то размер капель тем меньше, чем выше кинетическая энергия. А значит можно получить высокую степень диспергирования воды в нефти за счет турбулизации потока.

Использование смесителей для диспергирования промывочной воды в дисперсную среду – нефть создает возможность организации такого столкновения капель, к тому же, капли имеют разные размеры, располагаются в различных скоростных областях, что способствует их столкновению.

Три сочетания процессов, влияющих на скорость разрушения эмульсии. Это агрегация (флокуляция-слипание), слияние (коалесценция) и разделение фаз.

Само разрушение водонефтяных эмульсий зависит от многих факторов: таких как диаметр глобул воды, плотности и вязкости самой нефти (дисперсной среды), содержания легких фракций углеводородов, наличия минеральных частиц, состава эмульгированной воды в нефти, состава природных эмульгаторов и стабилизаторов (асфальтенов, парафинов), удельного расхода, применяемого деэмульгатора, температуры, интенсивности и времени перемешивания.

Механические методы основаны на отстаивании, центрифугировании и фильтрации. Процесс отстаивания происходит в отстойниках путем гравитационного осаждения диспергированных капель воды. Такой способ применяется при высокой обводненности нефти. Процесс центрифугирования, из-за малой производительности и большого расхода электроэнергии не нашло применения на промышленных установках подготовки нефти. В процессе фильтрации используются вещества, не смачиваемые водой (кварцевый песок, стекловата), но смачиваемые нефтью. Нефть проникает через фильтр, а вода – нет. Существует способ пропускания нефти через фильтрующие пакеты насадок, где мелкие капли воды коалесцируются и разделяются от нефти. Применение фильтрования сопровождается высоким перепадом давления, частой сменой фильтров и чисткой фильтрующих элементов, что приводит к увеличению эксплуатационных затрат.

Термический метод включает в себя нагрев нефти, благодаря чему снижаются вязкость эмульсии, далее пленка эмульгатора увеличивается и постепенно происходит её разрушение, вследствие чего капельки жидкости сливаются друг с другом.

Химический метод разрушения эмульсии – это применение химических реагентов – деэмульгаторов. Его роль состоит в снижении механической прочности защитных оболочек, образующихся на поверхности глобул воды в водонефтяной эмульсии, за счёт снижения сил поверхностного натяжения на межфазной поверхности. Деэмульгаторы вытесняют действующий природный эмульгатор (растворяют его), их эмульгирующая способность парализуется, что и приводит к разрушению эмульсии. Широко применяются деэмульгаторы на основе окисей этилена и пропилена типа неионогенных ПАВ [30-38].

Эффективность химического обезвоживания нефти зависит от применяемого реагента, свойств нефти.

Скорость и эффективность химического метода обезвоживания существенно возрастает при подогреве нефти – термохимический метод (за счёт снижения вязкости нефти при нагреве и облегчения процесса коалесценции капель воды).

Выбор эффективного реагента, зависит от вида водонефтяной эмульсии, которая подвергается разрушению, выбора оптимального режима деэмульсации. Деэмульгаторы в каждом конкретном случае производятся на основе специальных лабораторных и промышленных исследований [39-51].

Комбинированный термохимический способ основан на вводе деэмульгатора в предварительно подогретую нефть. Особо эффективен при использовании высококачественных деэмульгаторов. Более совершенный термохимический способ – обезвоживание нефти в герметичных аппаратах под давлением до 0,9 МПа нефть, нагретая до 155 °С, где подается деэмульгатор для отстаивания воды от нефти. Данный способ широко применяют при разрушении стойких эмульсий тяжелых нефтей.

Одним из наиболее эффективных способов разрушения нефтяных эмульсий является воздействие на них электрическим полем. Электрический способ нашел применение на промыслах. Сущность электрообезвоживания и электрообессоливания нефти заключается в подаче нефтеэмульсии через аппараты – ЭДГ, где нефть проходит между электродами, создающими электрическое поле высокого напряжения (до 40кВ). Нефть подогревается до температуры 40-80 °С, для того, чтобы увеличить скорость электрообезвоживания [52-57].

Использование магнитного поля для разрушения нефтяных эмульсий позволяет интенсифицировать процесс обезвоживания и обессоливания нефти.

Также имеется способ разрушения нефтяной эмульсии путем перераспределения электростатических зарядов в ней способом поляризации и периодической переориентации капель воды с частотой 50 Гц на линиях магнитной индукции. В результате происходит столкновение с каплями воды окруженных пленкой нефти. В итоге пленка нефти разрушается, коагулирует и выталкивается, как неполярный диэлектрик за пределы линий магнитных индукций. Данный способ проводят путём введения ПАВ или предварительно обработанной воды с электрохимическими характеристиками [58,59].

Следующая тенденция улучшения подготовки нефти – это внедрение в технологию устройств, воздействующих на водонефтяную эмульсию акустическими, магнитными либо микроволновыми полями.

При разделении фаз воды и нефти с помощью ультразвука эффект связан с повышением площади контактирующихся фаз (увеличением дисперсности системы). При увеличении поверхности раздела фаз улучшаются условия доставки реагентов, а значит эффект от применения деэмульгаторов усиливается.

Известны результаты экспериментально-аналитических исследований разрушения особо устойчивых эмульсий посредством волнового импульсного разряжения [60-66].

1.3 Стадии процесса обессоливания нефти и факторы, влияющие на их эффективность

Сущность процесса обессоливания нефти заключается в смешении ее с пресной промывной водой, с целью последующего разрушения образуемой при этом водонефтяной эмульсии и отделении минерализованной воды от нефти. Процессы смешения и отстоя промывочной воды повторяют несколько раз.

На стадии смешения нефти с пресной промывной водой происходит уменьшение средней концентрации солей в содержащейся воде, сопровождающей нефть в виде эмульсии. Если бы при перемешивании происходило полное выравнивание содержания солей в каждой капле, то после разрушения такой эмульсии степень обессоливания нефти была бы равна степени обезвоживания. Фактически же солей в нефти остается значительно больше. Это вызвано тем, что на практике невозможно полное выравнивание содержания солей всех капель, поэтому пресную воду необходимо подавать в нефть с большим избытком, в 5-10 раз превышающим расчетное. Общее количество промывной воды в зависимости от качества нефти может составлять от 5 до 15-20% на очищаемую нефть.

К промывной воде для обессоливания нефти предъявляются особые требования: содержание хлоридов в промывной воде не должно превышать 300 мг/л. Это вызвано тем, что в обессоленной нефти всегда остается некоторое количество воды, а вместе с ней и солей. Содержание сульфатов и карбонатов в воде также не должно превышать 300 мг/л во избежание образования осадков в коммуникациях и теплообменной аппаратуре. Содержание сероводорода в промывной воде во избежание коррозии не должно превышать 20 мг/л. Водородный показатель (рН) промывной воды должен быть нейтральным или слабощелочным [67-69].

При достаточно интенсивном термохимическом режиме подготовки нефти до остаточного содержания воды не более 1 % требуемая продолжительность отстаивания составляет менее 16 часов, а при обезвоживании до 0,5 % – несколько суток, что приводит к необходимости применения большого

количества стандартного пустотелого емкостного оборудования, т.е. к существенному увеличению капитальных затрат.

Повышение эффективности обессоливания нефти на практике достигается за счет увеличения расхода промывной воды или более тонкого диспергирования промывной воды и создания необходимого контакта нефти с водой применением различных смесительных устройств.

Первый способ ведет к повышению объема сточных вод. Кроме того, по мере добавления промывной воды увеличивается количество крупных капель. Эти капли быстро выпадают из эмульсии, не успевая сливаться с мелкодисперсными каплями содержащие соли [70-75].

Поэтому усовершенствование технологии обессоливания нефти на промыслах с использованием высокоэффективного оборудования основанных на увеличении степени диспергирования воды на сегодняшний день является наиболее экономичным и эффективными.

1.4 Анализ конструкций смесителей

Технология обессоливания нефти подразумевает наличие смесительных устройств, расположенных перед ЭДГ или просто отстойниками для смешения нефти с пресной водой. Смешиваемые потоки турбулизируются с помощью смесителей, глобулы подаваемой воды и минерализованной воды, в составе нефти сталкиваются и соединяются. Степень обессоливания не равна степени обезвоживания, из-за того, что в коагулированной глобуле происходит неполное выравнивание концентрации солей, таким образом необходимо с большим избытком подавать в нефть промывочную воду. Струйные гидравлические смесители(нефть-вода) организуют встречно направленное движение потоков очищенной воды и нефти в виде мелкодисперсной фазы воды, дисперсность которой рассчитывается конструктивными элементами смесителя.

В работе разъясняется механизм эффективного обессоливания нефти при смешении нефтеэмульсии с промывочной водой в струйном смесителе с вихревым устройством, установленном в трубопроводе нефти перед ЭДГ

(отстойниками). Интенсификация перемешивания нефтеэмульсии с водой позволяет повысить глубину обессоливания. Высокая степень диспергирования воды в нефтеэмульсии достигается турбулизацией и смешением жидкостей благодаря особой конструкции аппаратов смешения [76-79].

Типовые конструкции смесителей, применяемые на практике:

- дросселирующие вентили;
- разбрызгивающие насадки и диспергаторы;
- статические и гидродинамические смесители.

Использование ручных дросселирующих вентилях – один из распространенных методов смешения пресной промывной воды с нефтью. Перепад давления на вентиле способствует дроблению капель воды и смешиванию этих капель с нефтью.

Основным недостатком ручного вентиля является его неспособность автоматически реагировать на изменение расхода нефти. При изменении расхода изменяется перепад давления и, следовательно, эффективность перемешивания.

Во избежание чрезмерного эмульгирования, целесообразно использовать автоматические клапаны. Перепад давления на таком клапане контролируется соответствующим регулятором.

Для ввода реагентов и пресной воды в нефть, с целью их эффективного перемешивания на практике используются различные устройства. В качестве примера на Рисунке 1.5 приведена разбрызгивающая насадка. Эти системы менее дорогостоящи, чем статические смесители [80-82].

Для перемешивания (гомогенизации) потока среды в поперечном сечении трубопровода и устранения неоднородности, смешения потоков различных сред при их объединении, для диспергирования одной среды в другой, например, при смешении пресной промывочной воды с нефтью при обессоливании, смешении различных растворов с нефтепродуктами, для смешения химических реагентов (деэмульгаторы; поглотители сероводорода; ингибиторы коррозии, солеотложений; средства, понижающие вязкость) в потоке среды в трубопроводе применяются гидродинамические диспергаторы и смесители [83-86].

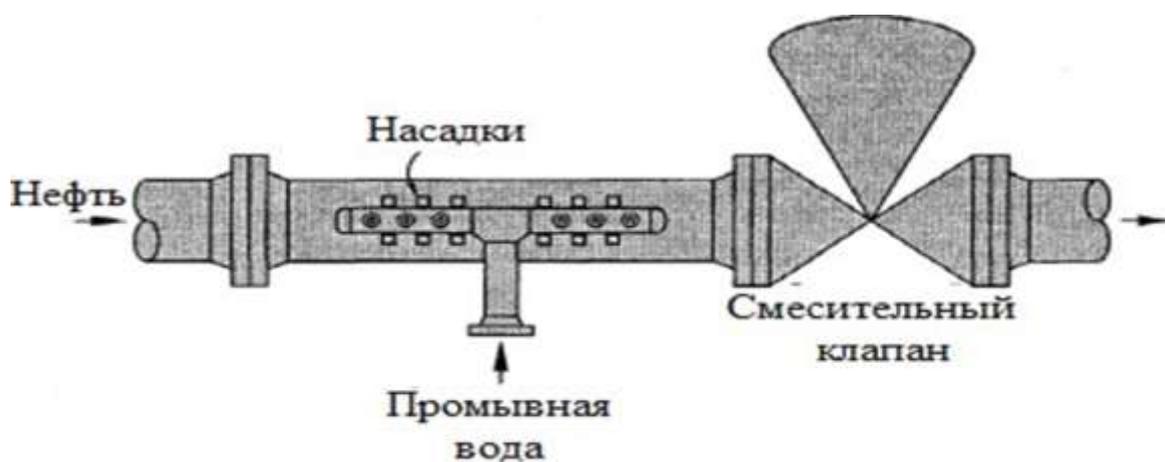


Рисунок 1.5– Разбрызгивающая насадка

Эффективность обессоливания нефти и требуемый расход пресной воды определяются дисперсным составом воды. Анализ практического использования гидродинамических диспергаторов показывает, что для более качественного обессоливания нефти при одинаковом расходе необходимо создать большой перепад давления на форсунке.

На Рисунке 1.6 приведены конструктивные схемы и фотографии диспергаторов разных компаний, применяемых при подготовке нефти.

В гидродинамических диспергаторах для распыления воды используются форсунки различной конструкции, в которых тонкость распыла воды при том же перепаде давления в них, зависит от диаметра сопла. Для обеспечения тонкого распыления воды сопла должны иметь небольшой диаметр.

Промывочная вода нередко содержит большое количество механических примесей и солей жесткости, которые быстро забивают щели, мелкие отверстия форсунок диспергатора на многих устройствах.

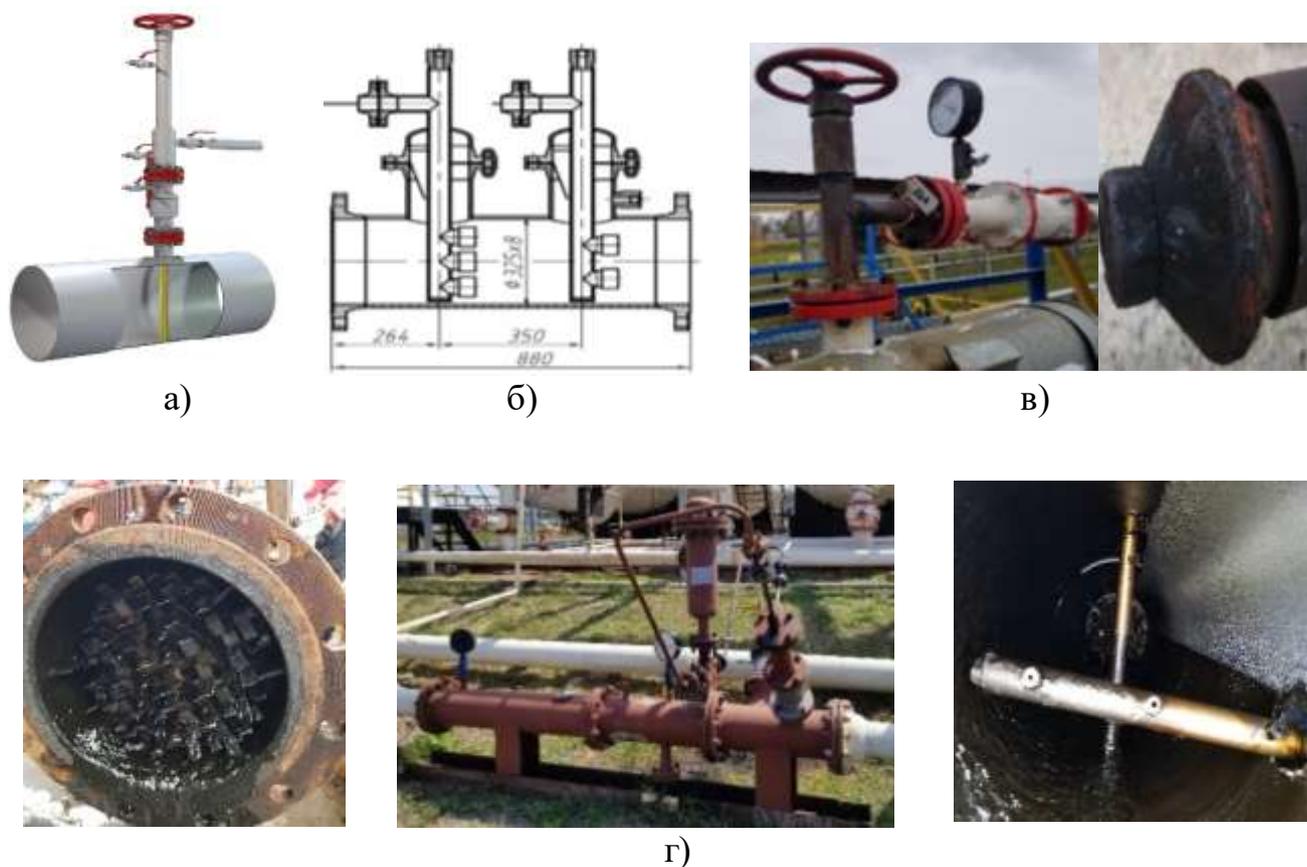


Рисунок 1.6– Гидродинамический диспергатор: а) – ООО "Тесла", б) – ГК ИНТЕХ, в) – РГД, г) –УПОН, ООО Альянс Нефтегаз Технолоджи

Смеситель, представляющий собой емкость, внутри которой размещена трубка с насадками для подачи промывочной воды, катушкой с фланцевыми соединениями располагается прямо на участке нефтепровода (Рисунок 1.7). В средней части катушки введена Г-образная трубка для подачи пресной воды. Также внутри находятся 2 стационарные лопасти: первая решетка создает вращательное движение потока нефти по оси трубопровода в одну сторону, а вторая в другую сторону. Такое вращательное движение ведет к большему дроблению и смешению воды и нефти и ускоряет массообменные процессы между ними. Подача пресной воды во встречный поток позволяет достичь интенсивного диспергирования пресной воды в нефти с последующим переходом солей из нефти в воду. Удаление солей из нефти происходит благодаря увеличению степени диспергирования воды в нефти и повышению скорости массообменных процессов между ними при их смешивании [87].

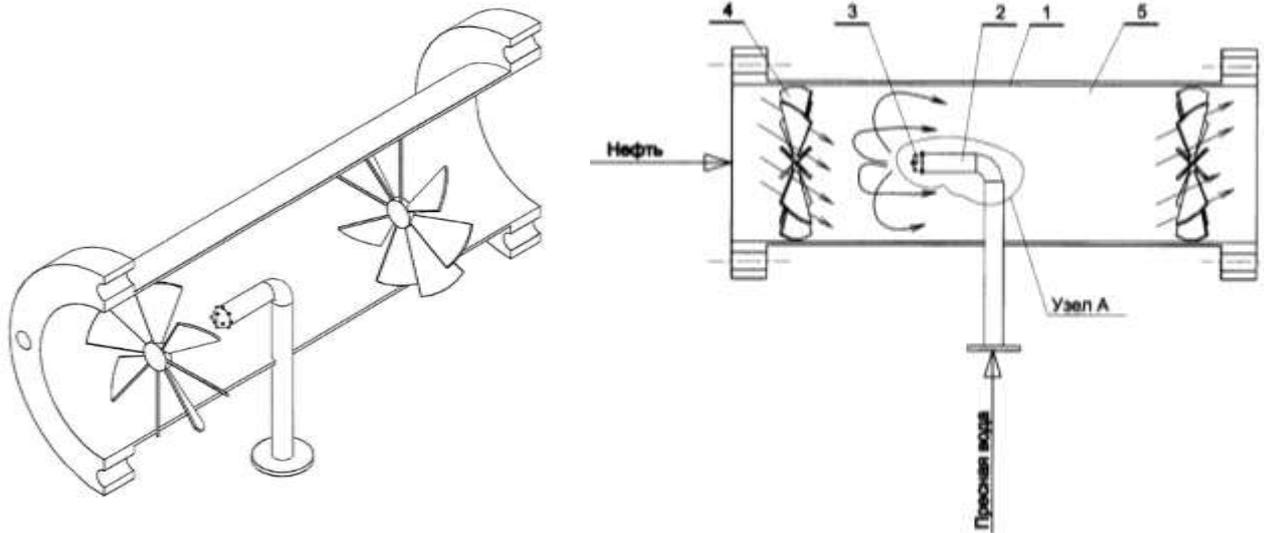
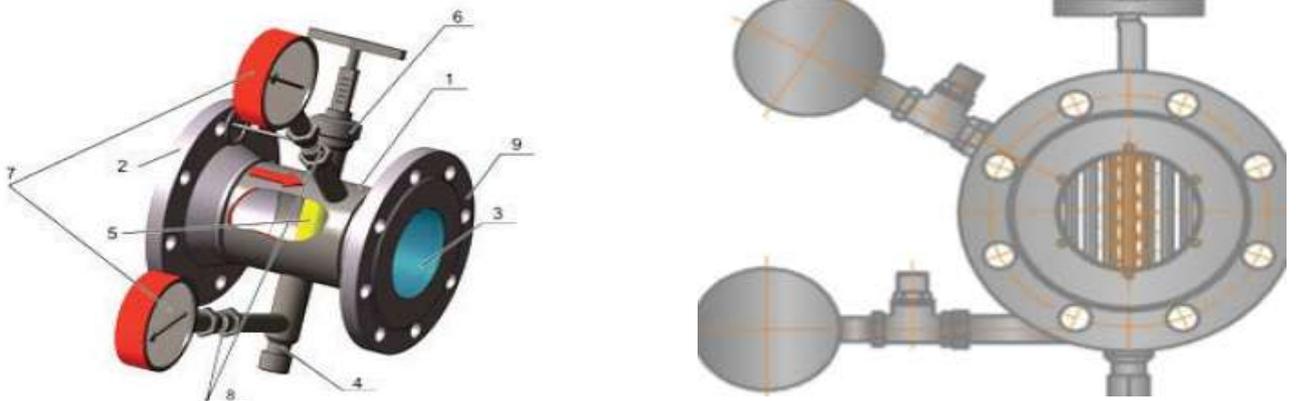


Рисунок 1.7– Схема смесителя

Смеситель пресной воды СПВ сконструирован для подачи пресной воды в эмульсию для их дальнейшего интенсивного перемешивания с целью обессоливания нефти в составе установки подготовки нефти (Рисунок 1.8) [88].



1 – корпус; 2 – ввод эмульсии; 3 – решетка (турбулизатор); 4 – подача воды;
 5 – регулируемая форсунка; 6 – штурвал (привод форсунки); 7 – манометр;
 8 – трехходовой кран; 9 – вывод смеси.

Рисунок 1.8– Смеситель пресной воды СПВ

Недостаток СПВ – быстрое забивание турбулизатора механическими примесями и солями, а соответственно, малая эффективность применения данного смесителя при тяжелой нефти.

На сегодняшний день широкое распространение для гомогенизации жидкостей получили статические смесители с насадочными устройствами, работа которых основана на особой геометрии смесительных элементов. Поток, попадая на смесительные элементы, многократно рассеивается на отдельные струи. Процесс коалесценции капель воды гораздо эффективнее протекает на поверхности контакта, чем в объеме эмульсии [89-92].

Коалесцеры оснащаются интенсифицирующими устройствами в виде колец Рашига и Палля, а также пакетом сеток. Применение интенсифицирующих устройств снижает время отстаивания в отстойнике. Для интенсификации массообменных процессов и улучшения качества обессоливания нефти, институтом ООО «ТатНИПИнефть» разработан блок смесительных устройств, состоящих из последовательно смонтированных смесителя и коалесцентора (Рисунок 1.9) [93-97].

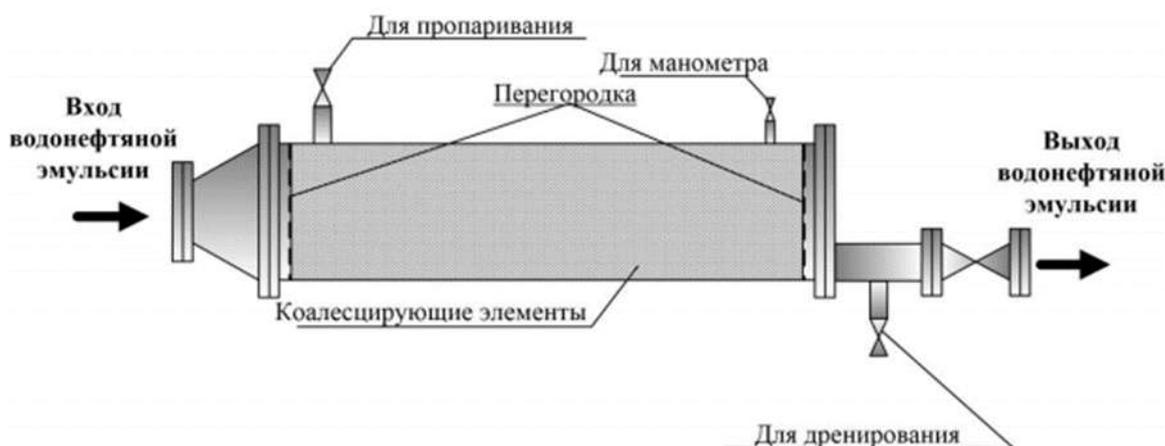


Рисунок 1.9– Эскиз коалесцентор

Кольца Рашига (Рисунок 1.10) обладают следующими преимуществами: легко изготавливаются, обладают высокой стойкостью к химическому воздействию жидкости, но имеют серьёзный недостаток, заключающийся в большом гидравлическом сопротивлении. Эксперименты показали, что кольца

Рашига почти не оказывают влияния на гидродинамическую структуру потоков, давление большей частью расходуется на преодоление гидравлического сопротивления керамических элементов при их обтекании [98-102].



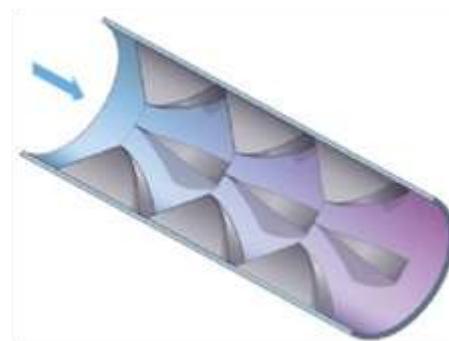
Рисунок 1.10– Геометрия модели насадочного слоя из колец Рашига

В мире широко используются статические смесители с решетчатыми и лопастными смесительными элементами фирмы West Fall, USA.

Они являются крайне эффективными для перемешивания потоков с очень разными скоростями и вязкостями (Рисунок 1.11) [103].



а)



б)

а) – смеситель с решетчатыми и б) – смеситель с лопастными элементами

Рисунок 1.11 – Статические смесители

При движении по этим каналам потоки жидкости многократно разделяются и снова смешиваются.

В другом исполнении (Рисунок 1.12) пластины установлены перпендикулярно одна другой так, чтобы жидкость многократно меняла направление движения проходя через ряд относительно небольших отверстий.



а) WESTFALL, USA б) PRIMIX, Nederland

Рисунок 1.12 – Статический смеситель с пластинчатыми элементами

В ходе проектирования статического смесителя особенно обращают внимание на конструкцию внутренних элементов, определяющих его основные параметры, такие как качество смешения и его гидравлическое сопротивление. В качестве смесительного элемента в статических смесителях для обессоливания нефти используются также пакетная вихревая насадка (ПВН).

Эффективность этих насадок подтверждена в процессах тепло и массообмена. Пакетная вихревая насадка (Рисунок 1.13) производится из множества одинаковых ячеек из взаимопересекающихся полос листовой стали, которые соединены между собой в единый пакет. Жидкость проходит в ячейку только через боковые каналы и распределяется вихрем, образуемым турбулентностью жидкой фазы, равными частями по объёму ячейки. Так как у потока отсутствует возможность прямолинейного хода, вероятность поток жидкости смешивается полностью. Изменение направления движения и неоднократное дробление данного потока приводит к повышению дисперсности смешиваемых сред. Для равномерного распределения жидкой среды по всем ячейкам сопротивление ячеек в пакете должна быть одинаковой [104, 105].

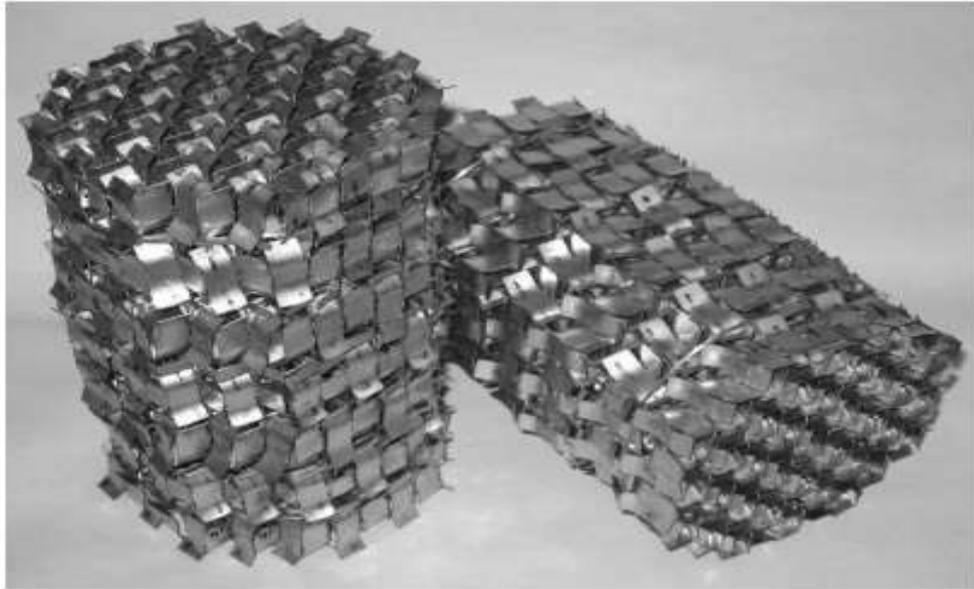


Рисунок 1.13– Пакетная вихревая насадка

Статические смесители серии ПР (Рисунок 1.14) научно-производственного предприятия ООО «НПП БМТ», предназначены для перемешивания потока многокомпонентной среды в радиальном и продольном направлениях в трубопроводах и эффективен для смешения капель пластовой и пресной воды при обессоливании нефти.

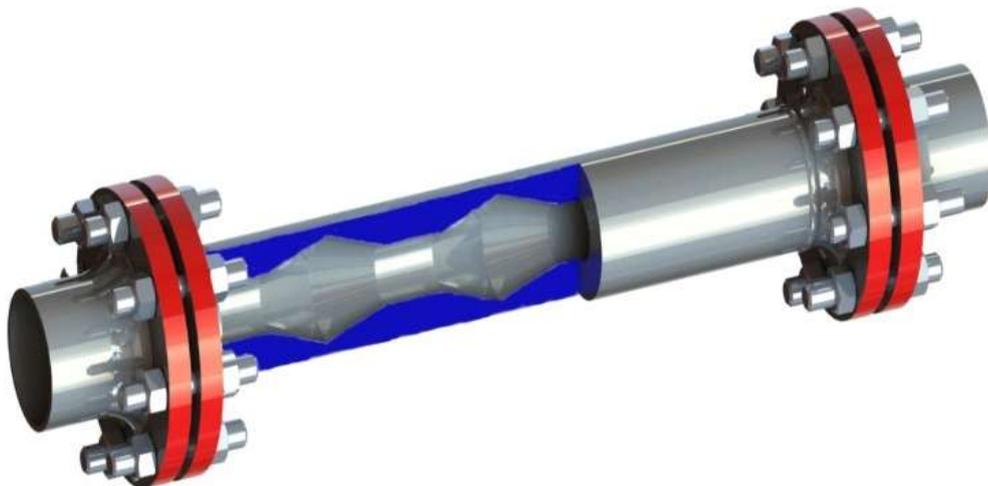


Рисунок 1.14– Статический смеситель ПР-1 многосекционный

Достоинствами смесителей серии ПР являются: эффективность перемешивания; компактность; малая подверженность к засорению в процессе эксплуатации; срок службы устройства не менее 10 лет.

Компактные статические смесители пластинчатого типа (Рисунок 1.15) имеют небольшую монтажную длину, обеспечивают простую установку путем вставки в трубопроводы. Переменный вихревой поток создает интенсивное перемешивание в ограниченном пространстве.



а) Westfall, USA б) ПР-3, ООО «НППБМТ» в) PROCESS, USA

Рисунок 1.15 – Статический смеситель пластинчатого типа

Статический смеситель фирмы Sulzer Salomix (Рисунок 1.16) используется для создания однородных водонефтяных эмульсий в установках обезвоживания и электрообессоливания сырой нефти.



Рисунок 1.16– Статический смеситель Sulzer Salomix

При использовании данных смесителей эффективность выше, по сравнению с традиционными смесительными клапанами, сокращается количество промывной воды при обессоливании [106].

Недостатки смесителей фирмы Sulzer Salomix:

– снижают пропускную способность магистрали, так как их устанавливают сбоку от потока;

– используют энергоёмкие насосы, подверженные износу и часто выходящие из строя, по причине высокого содержания смол и механических примесей в нефти.

– дороговизна и малый срок службы.

Инжекторный смеситель (Рисунок 1.17) работает за счет использования повышенного давления одной из жидкостей, поступающей в сопло. В сопле давление преобразуется в кинетическую энергию выходящей струи, которая подсасывает вторую жидкость [107-109].

Преимущества таких смесителей:

– отсутствие вращающихся, движущихся частей;

– малые размеры и массы;

– простота обслуживания.

При этом для установки в конкретную технологическую схему может потребоваться индивидуальная подгонка режима работы смесителя.



Рисунок 1.17– Струйный инжектор (схема)

Рассмотренные выше смесители имеют ряд недостатков. Клапаны, диспергаторы воды и другие статические смесители в процессах обессоливания нефти имеют недостаточную эффективность перемешивания, плохо управляемы, образуют грубодисперсные эмульсии, требуют большого перепада давления между жидкостями и высокий расход промывочной воды. Применение статических смесителей с насадкой, несмотря на высокую эффективность и устойчивую работу, нежелательно при смешении сырой нефти и воды из-за возможного засорения посторонними включениями, высокого гидравлического сопротивления и необходимостью частой остановки на чистку.

Для интенсификации процесса обессоливания нефти в последнее время стали использовать струйные гидравлические смесители особой конструкции [110-114], в которых смешение осуществляется встречным контактированием воды и нефти.

Работа смесителей гидравлического типа основана на использовании турбулентности потока, создаваемой местными сопротивлениями путем увеличения в них скорости движения воды. Гидравлические смесители отличаются конструктивной простотой и эксплуатационной надежностью.

Струйные гидравлические смесители по результатам опытов промышленного использования являются одними из наиболее перспективных устройств для улучшения процесса обессоливания нефти [115-121].

ГЛАВА 2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Направлением дальнейшего совершенствования технологии подготовки нефти на промыслах является разработка и внедрение инновационных аппаратов и устройств для эффективного смешения сырья с пресной водой, с целью интенсификации процесса последующего отделения из нефтеэмульсии промывочной воды с перешедшими в нее солями и механическими примесями.

В соответствии с поставленными задачами рассмотрены результаты моделирования усовершенствованных струйных гидравлических смесителей методом вычислительной гидродинамики с целью анализа влияния геометрических размеров (тангенциальных прорезей) закручивающего устройства нефти и степени диспергирования воды при изменении структуры потока нефти и уровня генерации энергии турбулентного потока.

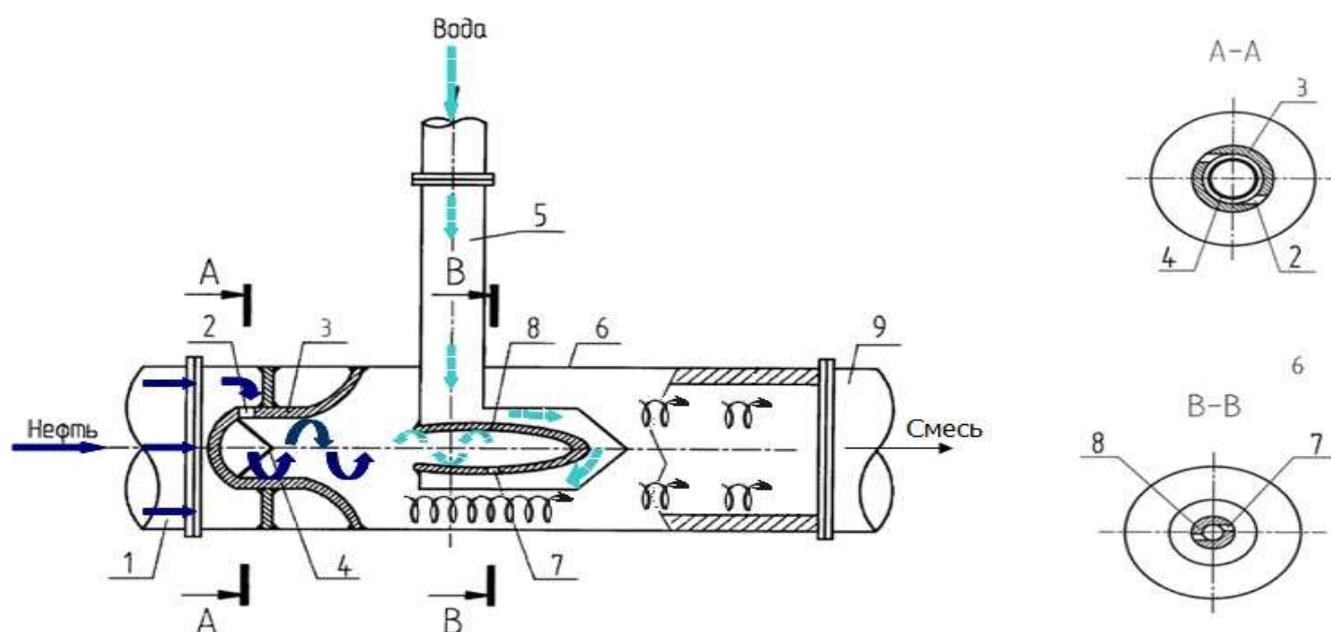
2.1 Экспериментальная часть

2.1.1 Устройство и принцип работы струйного гидравлического смесителя

Струйный гидродинамический смеситель с вихревым устройством СГС способствует смешиванию жидких веществ на высоких скоростях движения жидкостей, перемешивание происходит за счёт турбулентных явлений в струях жидкости. В результате подбора оптимального соотношения диаметра глобул промывной воды в соотношении диаметров глобул минерализованной воды, в процессе обессоливания происходит укрупнение глобул воды эмульгированных в нефти. Схема струйного гидравлического смесителя [122] приведена на Рисунке 2.1.

Смеситель содержит цилиндрический корпус – 6 с вихревой камерой – 3 смешиваемого компонента (нефти), снабженной с тангенциальными отверстиями – 2 и конусообразной направляющей перегородкой – 4, входной патрубком – 5 для воды с вихревой камерой воды – 8 с тангенциальными отверстиями – 7. Смеситель монтируется на фланцах к патрубкам – 1 и – 9.

Смеситель работает следующим образом: смешиваемый компонент – нефть, через патрубок –1 попадает в смеситель и через тангенциальные отверстия – 2, проходит в вихревую камеру нефти –3. В ней поток нефти, обтекая конусообразную перегородку– 4, приводится во вращательное движение. Поток пресной воды подается на смешение через входной патрубок – 5, расположенный перпендикулярно к корпусу смесителя –6 и проходя через отверстия– 7, располагающиеся тангенциально к оси смесителя, попадает в вихревую камеру воды –8. Для усиления эффекта диспергирования вихревая камера воды – 8 выполнена более вытянутой формы, по сравнению с вихревой камерой 3 для нефти или в виде гиперboloида вращения, в результате чего поток воды закручивается сильнее, чем поток нефти.



- 1– входной патрубок нефти, 2– тангенциально расположенные отверстия для нефти, 3 – вихревая камера нефти, 4 – направляющая конусообразная перегородка 5 – входной патрубок воды, 6 – корпус смесителя, 7– тангенциальные отверстия для воды, 8 – вихревые камеры пресной воды, 9–выходной патрубок эмульсии

Рисунок 2.1–Струйный гидравлический смеситель с вихревым устройством

Турбулентные потоки нефти и воды из вихревых камер –3 и –8 направляются навстречу друг другу. В зоне смешения смесителя происходит соударение потоков нефти с промывной водой и их дальнейшее смешивание с образованием макродисперсной эмульсии. При ее закручивании в объеме эмульсии возникает кавитация, то есть разрыв сплошности жидкой среды с образованием кавитационных пузырьков. При схлопывании этих пузырьков образуются струи жидкости, пронизывающих объем грубодисперсной эмульсии. За счет этого достигается равномерное распределение пресной промывной воды в нефти с образованием мелкодисперсной эмульсии, то есть смешение на микроуровне. Получающаяся при этом эмульсия выводится в трубопровод через выходной патрубок – 9.

В итоге благодаря организации эффективного взаимодействия двух встречных турбулизированных потоков нефтеэмульсии и промывочной воды усиливается процесс диспергирования и смешения.

2.1.2 Исследование глобул лабораторным способом с помощью отбора проб и фотографирования капель эмульсии нефти

С целью изучения устойчивости эмульсий и подтверждения теоретических предположений о происходящих изменениях в её структуре были проведены эксперименты с отобранными пробами нефти на УПН «Гремиха» ОАО «Удмуртнефть (Таблица 2.1).

Для эксперимента были отобраны пробы нефти исходного сырья

1. После предварительного сброса воды в УПСВ.
2. После смешения сырой нефти и промывочной воды в смесителе СГС на второй ступени обессоливания.
3. После отстойника нефти – горизонтальной ёмкости объёмом 100 м³.

Для эффективного обессоливания нефти подача промывочной воды в подготавливаемую нефть осуществлялась через распылитель воды смесителя СГС в 10% отношении к объёму нефти.

Таблица 2.1 – Показатели эмульсии с Гремихинского месторождения

Показатели	Среднее значение
Плотность, кг/м ³	1110
Содержание солей в нефти со скважины, (мг/дм ³)	157930
Cl	97389
SO ₄	556
HCO ₃	136,6
Ca	9749
Mg	2452
Na+K	47648
H ₂ S, мг/дм ³	93,5
Fe, мг/дм ³	0,04
Содержание солей в нефти после предварительного сброса воды, мг/дм ³	510
pH	6,5

Далее проводилось фотографирование проб эмульсии на стекле с подсветкой с помощью стереомикроскопа Nikon SMZ1500 со стократным увеличением (Рисунок 2.2).



Рисунок 2.2 – Стереомикроскоп Nikon SMZ 1500

На полученных фотографиях явно видно:

1)исходная эмульсия температурой 50°C после предварительного сброса воды в УПСВ (Рисунок 2.3), насыщена большим количеством глобул воды размерами 3-20 мкм.;

2)после подачи промывочной воды температурой 10°C через смеситель СГС для обессоливания заметно увеличился диапазон размеров капель, произошло их укрупнение, начался процесс коалесценции глобул воды (Рисунок 2.4).

3)далее после отстойника произошло разделение фаз, количество капель в смеси минимально, в основном остались глобулы размерами 20-40 мкм, смесь приблизилась к гомогенной (Рисунок 2.5).

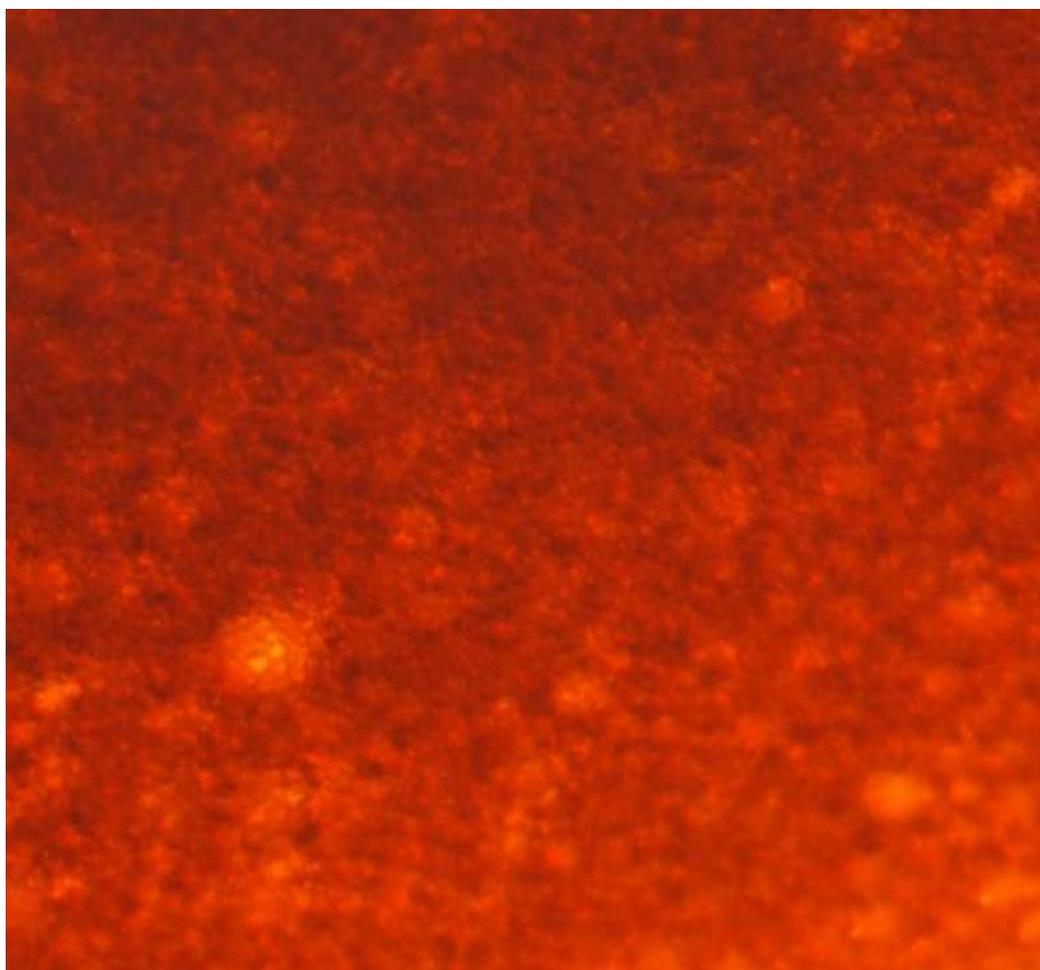


Рисунок 2.3 – Исходная эмульсия

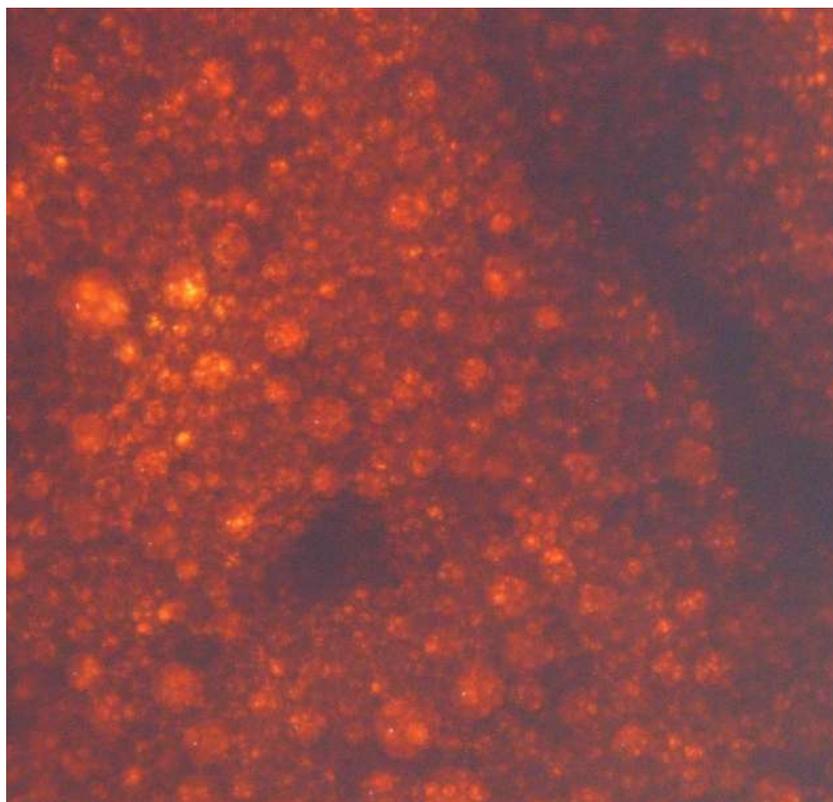


Рисунок 2.4 – После смесителя СГС при подаче 10 % воды

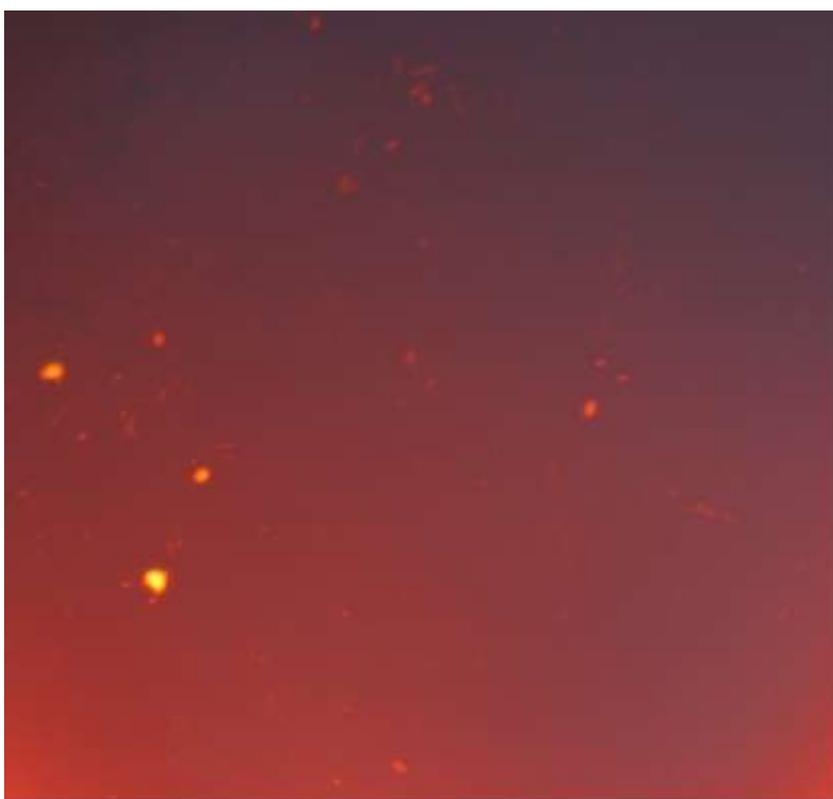


Рисунок 2.5 – Нефть товарная после отстаивания

Результаты исследования. Таким образом, полученные экспериментальные данные показывают высокую эффективность применения усовершенствованных струйных смесителей с вихревым устройством в процессе обессоливания нефти на промыслах. Согласно исследованиям выявлено при использовании данных смесителей, за счёт укрупнения глобул воды повысилась эффективность отделения воды из нефтэмульсий, с перешедшим в нее солями и механическими примесями.

2.2 Методика исследования

В связи с развитием вычислительных мощностей персональных компьютеров в последние десятилетия, началось широкомасштабное исследование химико-технологических процессов посредством математического моделирования. CFD (Computational fluid dynamics–вычислительная гидродинамика) анализ часто используют для повышения эффективности работы статических смесителей. Благодаря этому анализу можно с высокой точностью моделировать многофазные потоки при различных режимах течения [123-128]. Разрабатывая новые конструкции смесителей, можно существенно снизить материальные ресурсы и время за счёт применения высокоэффективного программного обеспечения.

Такие задачи исследования, как – усовершенствование струйных смесителей СГС с вихревым устройством для обессоливания, защелачивания и подачи различных реагентов в поток нефти и разработка инновационного струйного гидравлического смесителя с вихревым устройством решались с применением теории моделирования, методов математической статистики. Моделирование процесса смешения выполнено именно методом CFD-анализа в программном комплексе ANSYS CFX. Двухфазное течение описывалось Эйлер-Эйлеровским методом (Eulerian-Eulerian method). Опытно-промышленные испытания дали статистические данные и информацию для проведения исследований.

Опишем процесс обессоливания нефти с математической точки зрения, для этого примем, что глобулы промывной (0) и пластовой (1) воды – шарообразные, дисперсионная среда – нефть, движение глобул не более мкм, Re и $La \gg 1$. Среднее число глобул (0) и (1) сравнительно мало, благодаря чему рассмотрим только парные встречи глобул. При движении глобул в потоке дисперсионной среды процессы соударения происходят в результате диффузионного либо инерционного механизма. Приближения исключают проявление диффузионного механизма зацепления глобул. Так как масса и размеры частиц (1) и (0) довольно сильно различаются, то представляется возможным проявление инерционного механизма. Движение частицы (1) в идеальной жидкости при обтекании частицы (0) описывается следующим уравнением [129]:

$$\vec{f}_A + \vec{f}_m + \vec{f}_C = m \frac{d\vec{V}_p}{dt}, \quad 5)$$

где $\vec{f}_A, \vec{f}_m, \vec{f}_C$ – силы Архимеда, присоединенных масс и Стокса соответственно, \vec{V}_p – скорость глобул минерализованной воды.

Следующая применяемая формула выражает скорость частиц при обтекании ими сферы в потоке идеальной жидкости:

$$\vec{V} = \vec{V}_0 \varphi, \quad 6)$$

$$\varphi = -V_0 \cos \theta \left(r + \frac{R^3}{2r^2} \right),$$

где V_0 – скорость движения нефти (дисперсионной среды) в области взаимодействия потоков, r – радиус обтекаемой сферы, R – радиус произвольной точки, находящейся под углом θ от центра сферы.

С математической точки зрения движение жидкости описывается с помощью законов сохранения энергии, массы и импульса. С целью упрощения описания молекулярным взаимодействиями видом структуры жидкости пренебрегают. Однако её поведение описано с помощью макроскопических свойств: скорость, давление, плотность и температура жидкости, а также их производных.

Закон сохранения энергии сжимаемой жидкости описывается уравнением (силой тяжести в данном выражении пренебрегаем)

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\rho \frac{u^2}{2} + e \right) + \left[\nabla \cdot \vec{u} \left(\rho \frac{u^2}{2} + e \right) + \vec{u} p \right] = 0, \quad 7)$$

где ρ, \vec{u}, e, p – массовая плотность, скорость, плотность внутренней энергии и давление соответственно.

Закон Ньютона отображает величину изменения импульса частиц жидкости равной по сумме сил, которые действуют на эти частицы. Тогда уравнение сохранения импульса по трем осям выражается в следующем виде:

– по оси Ox :

$$\rho \frac{Dv_x}{Dt} = \frac{\partial(-p + \tau_{xx})}{\partial x} + \frac{\partial\tau_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial\tau_{zx}}{\partial z} + S_{Mx}; \quad 8)$$

Соответственно по осям Oy и Oz уравнение запишется так:

$$\rho \frac{Dv_y}{Dt} = \frac{\partial\tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial(-p + \tau_{yy})}{\partial y} + \frac{\partial\tau_{zy}}{\partial z} + S_{My}; \quad 9)$$

$$\rho \frac{Dv_z}{Dt} = \frac{\partial\tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial\tau_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial(-p + \tau_{zz})}{\partial z} + S_{Mz}, \quad 10)$$

где S – тензор поверхностных напряжений: S_{Mx}, S_{My} и S_{Mz} – исходные значения, включающие в себя только объемные силы. Например, в случае с силой тяжести объемные силы могут быть представлены в следующем виде $S_{Mx} = 0, S_{My} = 0$ и $S_{Mz} = -\rho g$, τ – тензор сдвиговых напряжений.

Удельная энергия жидкости выражается суммой её 1) внутренней энергии – i , 2) кинетической энергии жидкости – $k = \frac{1}{2}(v_x^2 + v_y^2 + v_z^2)$ и 3) потенциальной энергией.

Выражение сохранения энергии частиц жидкости складывается из уровня изменения их энергии к сумме средней работы, проделанной над частицами жидкости и среднему приращению тепла, а также количества приращения энергии от разных источников. Следовательно уравнение сохранения энергии имеет вид:

$$\rho \frac{DE}{Dt} = -div(\rho v) + \left[\frac{\partial(v_x \tau_{xx})}{\partial x} + \frac{\partial(v_x \tau_{yx})}{\partial y} + \frac{\partial(v_x \tau_{zx})}{\partial z} + \frac{\partial(v_y \tau_{xy})}{\partial x} + \frac{\partial(v_y \tau_{yy})}{\partial y} + \frac{\partial(v_y \tau_{zy})}{\partial z} + \frac{\partial(v_z \tau_{xz})}{\partial x} + \frac{\partial(v_z \tau_{yz})}{\partial y} + \frac{\partial(v_z \tau_{zz})}{\partial z} + div(k grad T) + S_E \right], \quad (11)$$

где соответственно $E = i + \frac{1}{2}(v_x^2 + v_y^2 + v_z^2)$, k – кинетическая энергия турбулентности, T – приращение тепла.

Это уравнение описывает изменение кинетической энергии жидкости. С его помощью можно получить уравнение, описывающее внутреннюю энергию или температуру жидкости.

Определение удельной h и полной энтальпии h_0 сжимаемой жидкости:

$$h = i + \frac{p}{\rho}; \quad (12)$$

$$h_0 = h + k; \quad (13)$$

Объединяя эти два выражения и удельную энергию E получим

$$h_0 = i + \frac{p}{\rho} + \frac{1}{2}(v_x^2 + v_y^2 + v_z^2) = E + \frac{p}{\rho}; \quad (14)$$

С учетом полученного уравнения получаем уравнение (полной) энтальпии[3].

$$\frac{\partial(\rho h_0)}{\partial \tau} + div(\rho h_0 u) = div(k grad T) + \frac{\partial p}{\partial t} + \left[\frac{\partial(u \tau_{xx})}{\partial x} + \frac{\partial(u \tau_{yx})}{\partial y} + \frac{\partial(u \tau_{zx})}{\partial z} + \frac{\partial(v \tau_{xy})}{\partial x} + \frac{\partial(v \tau_{yy})}{\partial y} + \frac{\partial(v \tau_{zy})}{\partial z} + \frac{\partial(w \tau_{xz})}{\partial x} + \frac{\partial(w \tau_{yz})}{\partial y} + \frac{\partial(w \tau_{zz})}{\partial z} \right] + S_h; \quad (15)$$

Двухфазные течения описываются методами решений Эйлер-Лагранжа и Эйлер-Эйлера дифференциальных уравнений Навье-Стокса. В первом методе расчёт частиц ведется по Лагранжу, расчёт жидкой среды по Эйлеру. Метод описывает параметры частиц в данном временном отрезке, благодаря чему описываются их траектория движения. Второй метод сформулирован с точки зрения представления дисперсной фазы как сплошной среды и дисперсионной фазы как смесь жидкостей [130].

Применение метода Эйлер-Лагранжа позволяет детально описывать движение дисперсных сред, что имеет и недостаток: при увеличении их концентрации значительно увеличиваются требования к вычислительным мощностям. Для метода Эйлер-Эйлера необходимы меньшие мощности, метод широко применяется для описания течения гомогенной среды [131].

При применении модели Эйлер-Эйлер для каждой фазы отдельно рассматриваются уравнения сохранения импульса и массы.

Уравнение неразрывности фазы i записывается следующим образом:

$$\frac{\partial(\varepsilon_i \rho_i)}{\partial t} + \bar{\nabla}(\varepsilon_i \rho_i \bar{u}_i) = 0, \quad (16)$$

где ε – объемная доля фазы, ρ – плотность фазы.

Равенство импульсов для газообразной фазы определяется следующим уравнением Навье-Стокса:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\varepsilon_g \rho_g \bar{u}_g) + \bar{\nabla}(\varepsilon_g \rho_g \bar{u}_g \bar{u}_g) = \bar{\nabla} \bar{\tau}_g - \varepsilon_g \bar{\nabla} P + \varepsilon_g \rho_g \bar{g} - \beta(\bar{u}_g - \bar{u}_s), \quad (17)$$

где $\bar{\tau}_g$ – тензор вязких напряжений, P – давление, g – ускорение свободного падения и β – коэффициент переноса импульса.

Для твердой фазы:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\varepsilon_s \rho_s \bar{u}_s) + \bar{\nabla}(\varepsilon_s \rho_s \bar{u}_g \bar{u}_g) = \bar{\nabla} \bar{\tau}_s - \varepsilon_s \bar{\nabla} P - \bar{\nabla} P_s + \varepsilon_s \rho_s \bar{g} + \beta(\bar{u}_g - \bar{u}_s), \quad (18)$$

где P_s – давление, $\bar{\tau}_s$ – тензор напряжения твердых частиц [132].

Для моделирования потоков в смесителе пользуются методами, основанными на решении уравнений Навье-Стокса.

Прямое численное решение (DNS)

Метод прямого численного моделирования основан на решении полных нестационарных уравнений Навье-Стокса и уравнения неразрывности. Метод имеет ограниченное применение из-за лимита вычислительных затрат компьютеров, однако результаты, полученные методом DNS, используются при калибровке моделей, полученных другими методами [133].

Метод моделирования крупных вихрей (LES)

Следующий метод основан на процедуре фильтрации: разделение вихрей на «крупные» (больше некоей дельты) и «мелкие», соответственно расчет переноса импульса и энергии ведётся для крупных вихрей. Влияние же различной мелкой турбулентности в области Δ , решается в подсеточной модели [134]. Наиболее распространённая модель из подсеточных – модель Смагоринского. В соответствии с данной моделью подсеточная величина тензора сдвиговых напряжений равна:

$$\tau_{ij} = \nu_t \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} - \frac{2}{3} \frac{\partial u_k}{\partial x_k} \right), \quad (19)$$

где ν_t – турбулентная вязкость:

$$\nu_t = (C_s \Delta)^2 |\bar{S}|, \quad (20)$$

где C_s – постоянная величина (константа) Смагоринского ($=0,1$), Δ – величина фильтра ($=0,06 \cdot 10^{-3}$) и S – локальное напряжение, которое в цилиндрических координатах имеет следующий вид:

$$|\bar{S}| = \sqrt{2 \left(\frac{\partial u_x}{\partial x} \right)^2 + 2 \left(\frac{\partial u_r}{\partial r} \right)^2 + \left(\frac{\partial u_\theta}{r \partial \theta} \right)^2 + \left(\frac{\partial u_r}{\partial r} + \frac{\partial u_x}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial u_\theta}{r \partial \theta} + \frac{\partial u_x}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial u_\theta}{r \partial \theta} + \frac{\partial u_r}{\partial r} \right)^2} \quad (21)$$

LES модель обеспечивает высокую точность моделирования при малых величинах фильтра, но при этом возрастают и необходимые вычислительные мощности для проведения расчётов.

Осредненные по Рейнольдсу уравнения Навье-Стокса (RANS)

Большинство практических задач удастся разрешить, основываясь на моделях турбулентности, полученных в результате решения уравнений RANS. В отличие от LES в RANS моделируются все вихри.

Процедура осреднения по Рейнольдсу выражается следующим образом:

$$\bar{a}(t) = \frac{1}{2T} \int_{t-T}^{t+T} v(\tau) d\tau \quad (22)$$

где \bar{v} – составляющая скорости, T – период осреднения.

Усредняют уравнения Навье-Стокса по времени, ансамблю либо по пространству. Это приводит к незамкнутым по турбулентным напряжениям уравнениям Рейнольдса, замыкание (определение $\tau_{ij}^T = \rho \overline{u'_i u'_j}$) производится с помощью следующих полуэмперических моделей турбулентности:

- линейные модели (гипотезы Буссинеска). Классифицируются по количеству дифференциальных уравнения переноса – алгебраические модели; модели с одним уравнением (например, модель Секундова); модели с двумя уравнениями (типа k-ε, k-ωи т.д.).
- нелинейные модели (рейнольдсовых напряжений) алгебраические модели рейнольдсовых напряжений (ARSM); дифференциальные модели (DRSM).

RANS обладает следующими преимуществами: упрощенные уравнения; необходимо меньше вычислительные затраты по сравнению с LESи DNS. И такими недостатками как: у одной модели только своя сфера применения, низкая точность расчета в сравнении с DNS и RANS [135].

Моделирование смешения нефти с водой в данной работе производилось с помощью k-ε модели турбулентности.

Турбулентную кинетическую энергию в k-ε методе можно выразить следующим образом:

$$G_k + G_a = \frac{\partial}{\partial t}(\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho k u_i) - \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + \rho \varepsilon + Y_m \quad (23)$$

$$\begin{aligned} C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} (G_k + G_{3\varepsilon} G_a) - C_{2\varepsilon} \rho \\ = \frac{\varepsilon^2}{k} \frac{\partial}{\partial t}(\rho \varepsilon) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho \varepsilon u_i) - \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] \end{aligned} \quad (24)$$

где G_k и G_a – генерация турбулентной энергии благодаря градиенту средней скорости и силе Архимеда соответственно, μ – молекулярная вязкость, μ_t – турбулентная вязкость:

$$\mu_t = \rho C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon} \quad (25)$$

где ε – скорость диссипации турбулентной энергии, Y_m – вклад расширения за счет флуктуации, σ_ε – турбулентное число Прандтля, $\sigma_k = 1$; $C_{1\varepsilon} = 1,44$; $C_{2\varepsilon} = 1,92$; $C_{1\varepsilon} = 1,44$; $C_{2\varepsilon} = 1,92$; $C_\mu = 0,09$; $\sigma_k = 1,0$ и $\sigma_\varepsilon = 1,3$.

2.3 Моделирование смесителя

В процессе моделирования на входе нефти в статический смеситель задавалось граничное условие – Bulk Mass Flow, на вводе воды – Bulk Mass Flow, на выходе из статического смесителя задается давление – Average Static Pressure.

В силу сложной геометрии исследуемых моделей использовалась тетраэдральная неструктурированная сетка со сгущением к стенке. Для сведения к минимуму погрешности расчета за счет сетки проводилась ее калибровка по значениям средней скорости потока в произвольном сечении узкой части смесителя с закручивающим устройством (Таблица 2.2).

Таблица 2.2 – Калибровка MESH-сетки смесителя

Количество элементов	Средняя скорость потока, м/с	Погрешность расчётных показателей, %
206586	5	>5%
430024	5	0,34
651226	5	0,33
1487534	5	0
2312510	5	0

Из таблицы видно, что улучшение сетки – увеличение числа ячеек свыше 1,5 млн. не имеет значения, так как погрешность расчетных показателей становится равной нулю, а при увеличении плотности расчетной сетки (Рисунок

2.6) увеличивается машинное время расчета смесителя. Данные дисперсной среды (нефти) задавались вручную (Таблица 2.3). Свойства диспергируемой среды (воды) взяты из базы данных стандартных сред программного обеспечения ANSYSCFX.

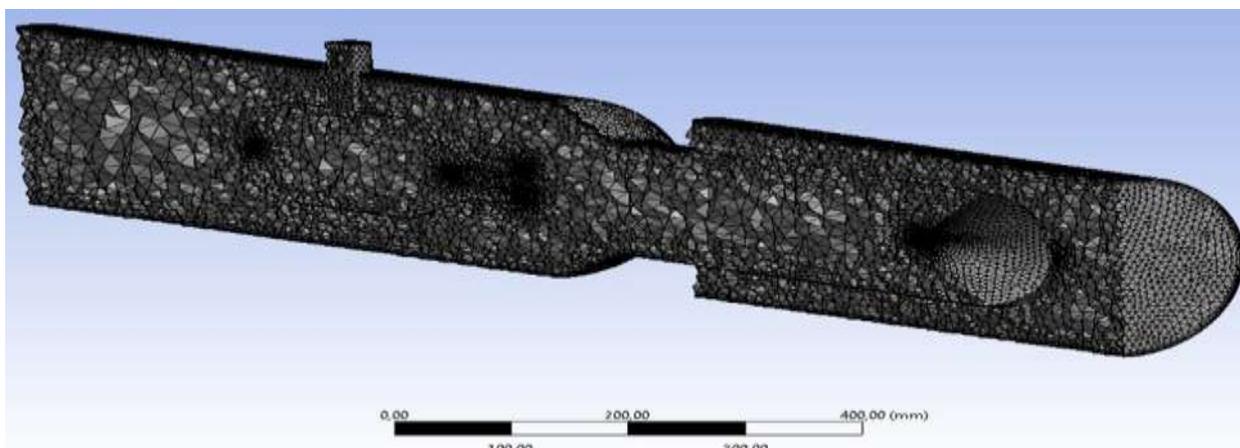


Рисунок 2.6– Фрагмент расчетной сетки смесителя

Таблица 2.3 – Свойства нефти

Переменная	Значение переменной
Молекулярная масса	185 г/моль
Плотность	820 кг/м ³
Теплоемкость	2,0кДж/(кг·К)
Динамическая вязкость	0,05 Па·с

2.3.1 Исследование генерации турбулентной энергии в смесителе

Рассмотрена эффективность различных конструкций смесителей для гомогенизации системы нефть-вода в процессе обессоливания нефти. Рассматривались струйные гидродинамические смесители типа СНВ-200 (Рисунок 2.7), где встречное контактирование воды и нефти увеличивает интенсивность их перемешивания [136] и струйные гидродинамические смесители с закручивающим устройством, где аналогично реализовано встречно-

направленное движение потоков нефти и воды. Кроме того, конструкция смесителя предусматривает дополнительную турбулизацию потоков нефти и воды в закручивающем устройстве (Рисунок 2.8).

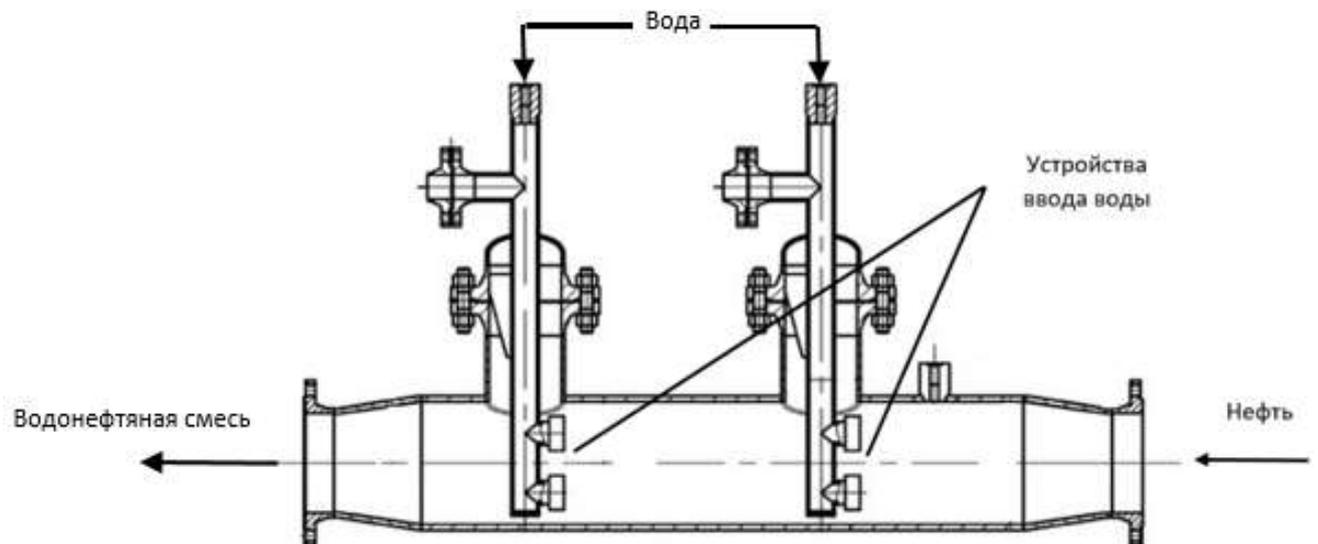


Рисунок 2.7– Статический смеситель типа СНВ – 200

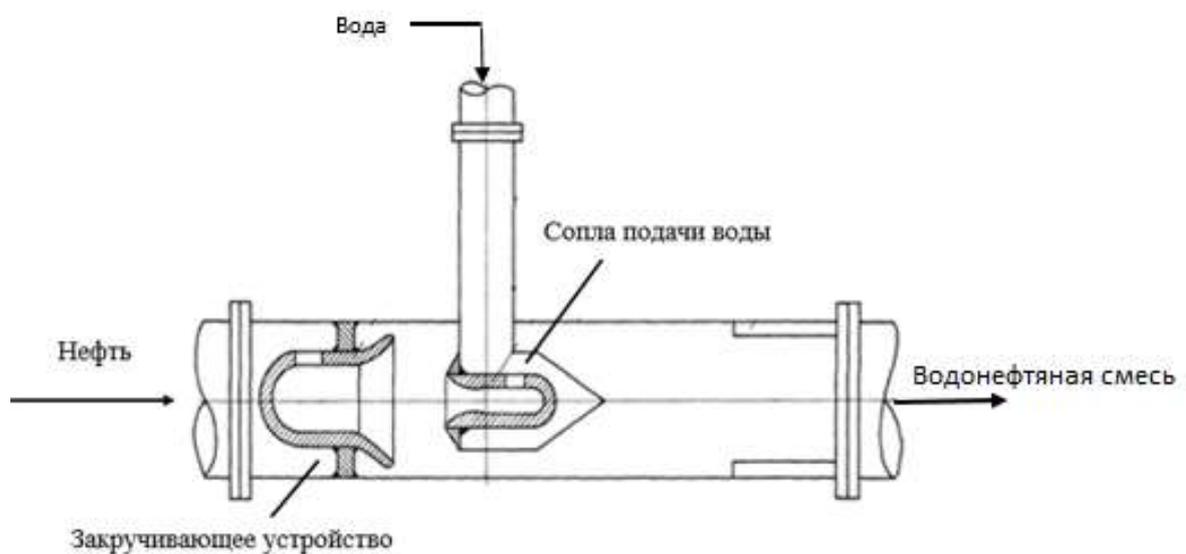
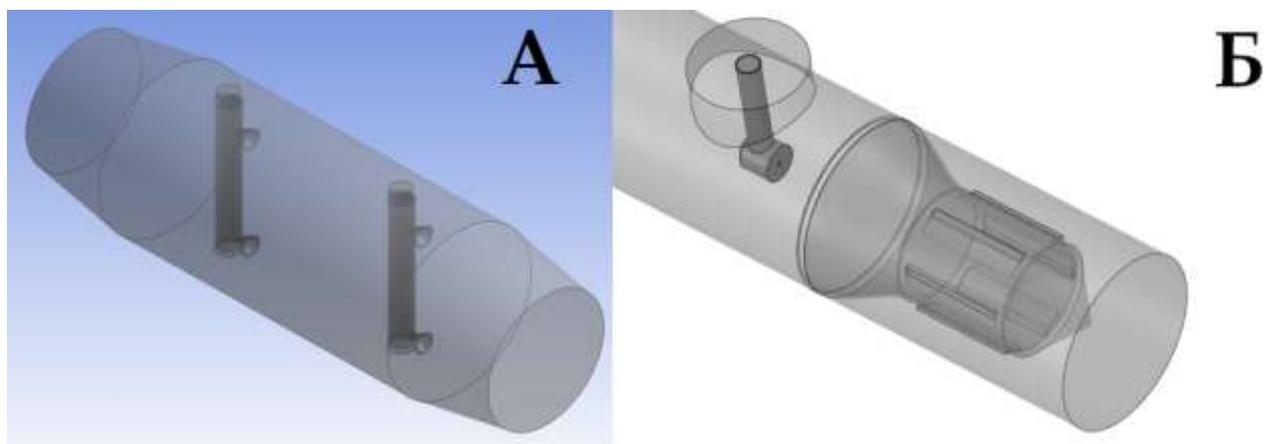


Рисунок 2.8– Струйный гидродинамический смеситель с закручивающим устройством

В данном разделе приводится исследование сравнительного анализа различных конструкций смесителей, с целью определения их «сильных» и «слабых» сторон для разработки новой конструкции смесителя [137-139]. В качестве объектов исследований были выбраны проточные части смесителей типа СНВ-200 и смесителя с закручивающим устройством (Рисунок 2.9 а и 2.9 б).



а) – статического смесителя типа СНВ-200, б) – струйного гидравлического смесителя

Рисунок 2.9– Проточные части исследуемых смесителей

Результаты моделирования статического смесителя типа СНВ-200

Принцип работы смесителя типа СНВ-200 заключается во встречном контактировании потоков воды и нефти. Промывная вода подается через сопла, их количество может варьироваться в зависимости от конструкции смесителя.

При моделировании статического смесителя типа СНВ-200 были изучены поля распределения объемной доли нефти в водонефтяном потоке (Рисунок 2.10), генерации турбулентной энергии (Рисунок 2.11).

Промывная вода плохо перемешивается с нефтеэмульсией и скапливается в нижней части смесителя из-за низкой степени турбулизации (в центральном сечении менее 7мДж/кг) при этом благодаря форсункам обладает довольно хорошей степенью диспергирования воды.

Исходя из полученных данных можно сделать вывод о том, что требуется разработать принципиально иную конструкцию смесителя для обеспечения высокой степени турбулизации потока нефти тем самым обеспечить высокоинтенсивное смешение нефтеэмульсии с промывочной водой.

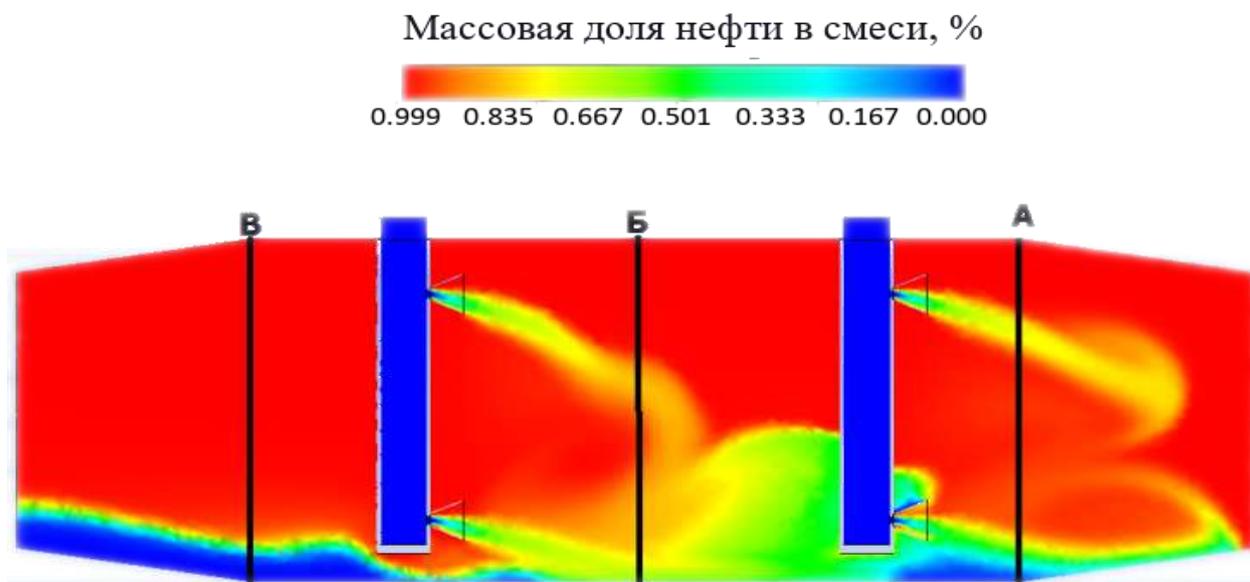


Рисунок 2.10– Распределение объемной доли нефти в водонефтяном потоке в статическом смесителе типа СНВ-200

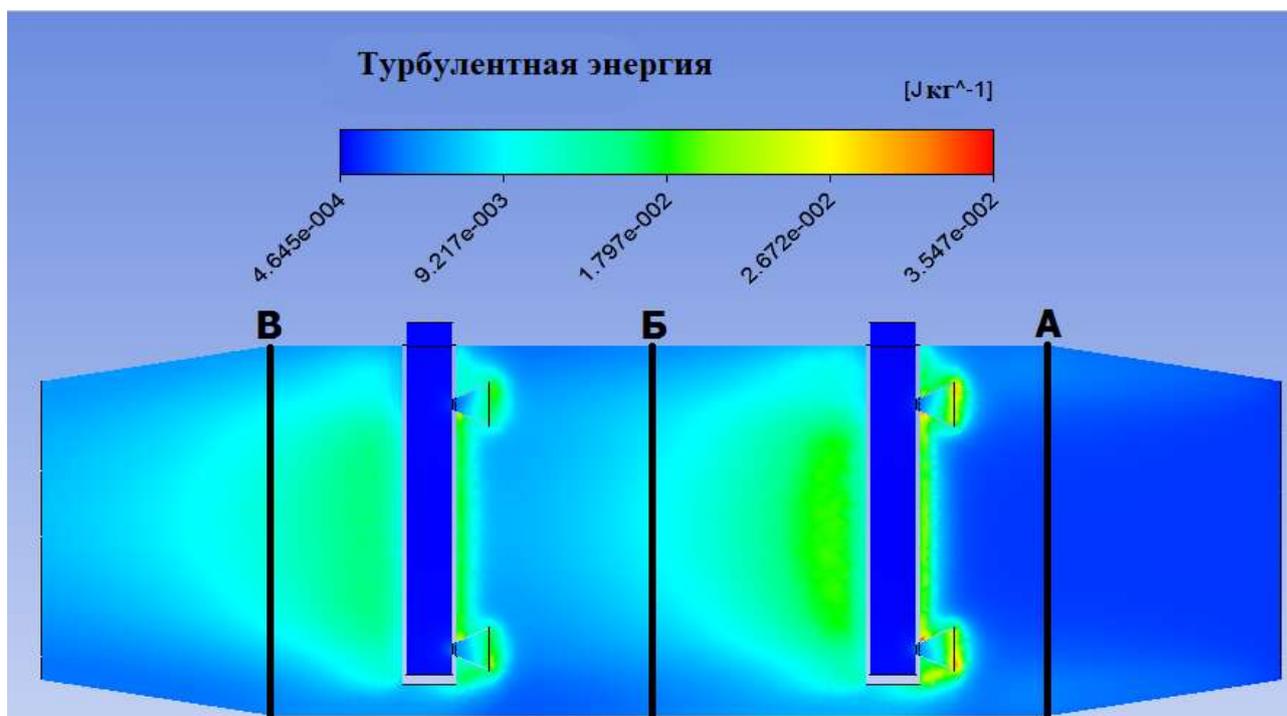


Рисунок 2.11– Генерация турбулентной энергии в центральном сечении смесителя

Для повышения эффективности работы струйного гидравлического смесителя разработано закручивающее устройство нефти со спиралевидными прорезями, позволяющее как ускорять скорость потока нефти, так и создавать в нем вихревые структуры.

Результаты моделирования работы смесителя с усовершенствованной конструкцией закручивающего устройства нефти показали высокую степень диспергации воды в нефти. В усовершенствованной конструкции смесителя диспергация воды происходит и за счёт встречного движения потоков нефти и воды, и дальнейшего перемешивания в завихрителе вихревой структурой. Данная вихревая структура состоит из пяти связанных вихрей – четырех периферийных и одного центрального, причем периферийные вихри движутся по окружности. Результаты моделирования показали высокую степень диспергации воды в нефтеэмульсии.

Генерация турбулентной энергии в сечении смесителя составила 0,96 Дж/кг (Рисунок 2.12).

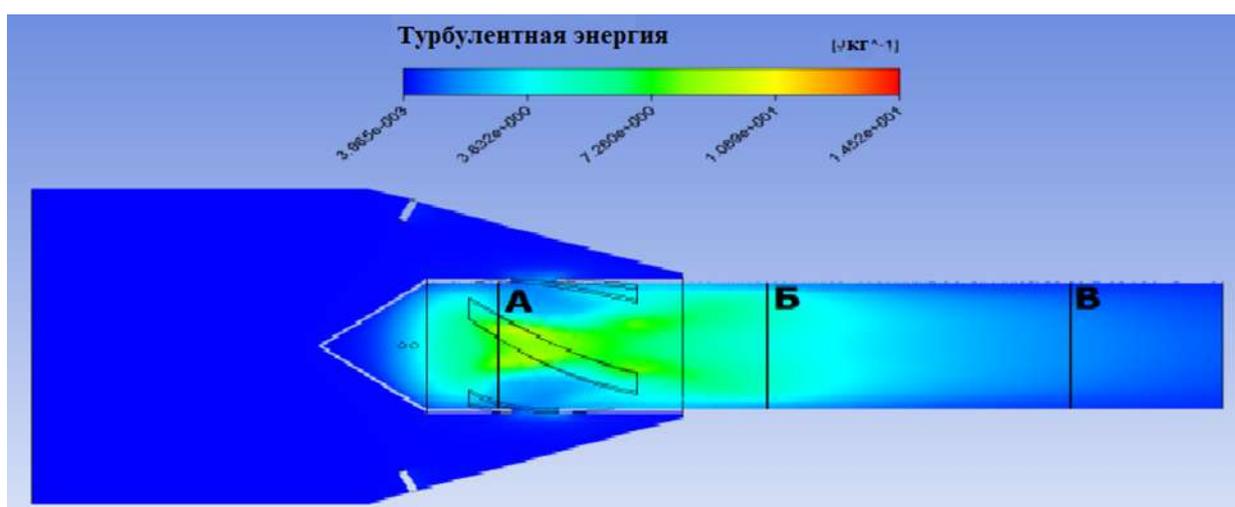


Рисунок 2.12– Генерация турбулентной энергии в сечении смесителя

Моделирование различных конструкций смешивающих устройств методами CFD-анализа показывает прямую зависимость степени диспергации воды от структуры потока нефти и уровня генерации турбулентной энергии в них. Для достижения высокой турбулентной энергии необходимы оптимальные

геометрические параметры закручивающего устройства нефти. Конструкция закручивающего устройства нефти со спиралевидными прорезями обеспечивает высокую турбулизацию потока и как следствие, высокий уровень гомогенизации водонефтяной смеси.

На основе данных моделирования процесса при различных режимах использованием пакета CFD-анализа была разработана конструкция высокоэффективного смесителя нефти с водой для процесса обессоливания нефти. С целью определения эффективности работы струйного гидравлического смесителя (нефть-вода) и достижения интенсивного перемешивания нефти с промывочной водой для эффективного обессоливания нефти в рамках ОПИ были изготовлены и смонтированы смесители на первой и второй ступенях обессоливания установки подготовки нефти. В процессе проведения ОПИ было достигнуто содержание солей в нефти на выходе из ЭДГ второй ступени менее 50 мг/л при значении содержания солей в исходной нефти 350-2000 мг/л [120, 140, 141].

В ходе проведения ОПИ струйный гидравлический смеситель показал высокую эффективность работы по сравнению с существующими смесителями даже в нестационарных режимных условиях. Смеситель обеспечивает: интенсивное перемешивания нефтеэмульсии с промывочной водой и эффективное обессоливание; снижение удельного расхода электроэнергии за счет уменьшения объема рециркуляции дренажей внутри установки; увеличение производительности установки подготовки нефти на 40-45 %.

2.3.2 Влияние соотношения длины к ширине прорези завихрителя нефти в струйном смесителе на его эффективность

Процесс численного анализа гидродинамики используется в статических смесителях для расчета скоростей потока, перепада давления, и подбора оптимальной конструкции винтового закручивающего устройства, так как для получения высокой степени турбулентной энергии требуются оптимальные геометрические размеры закручивающего устройства нефти.

Раздел посвящен исследованию гидродинамики струйного гидравлического смесителя для обессоливания нефти в рабочих условиях, представлены результаты разработки модели для исследования гидродинамики работы статического смесителя с закручивающим устройством. Задача исследования заключается в измерении перепада давления и генерации турбулентной энергии в смесителях с различной геометрией закручивающего устройства. Моделирование проводилось с изменением геометрических размеров прорезей, а именно с изменением соотношения сторон прямоугольных прорезей закручивающего устройства нефти в смесителе в 2-10 раз. В результате CFD-моделирования изучены изменения показателей турбулизации потока и перепад давления на смесителе в зависимости от соотношения сторон прямоугольных прорезей в закручивающемся устройстве [142].

Экспериментальными данными показано, что с увеличением соотношения сторон прямоугольных прорезей закручивающего устройства нефти с 2 до 5 кинетическая энергия турбулизации увеличивается на 57,5 %, при увеличении до 10 –повышается в 2,65 раза.

Использование CFD-моделирования позволяет моделировать процессы с высокой точностью, уменьшает материальные и временные затраты на разработку высокоэффективных смесителей для обессоливания нефти.

За последние 20 лет с развитием вычислительной гидродинамики (Computational Fluid Dynamic) и увеличения вычислительных мощностей компьютеров и разработки математических моделей для проведения расчетов закрученных течений в осесимметричных и кольцевых каналах, стало возможным использование математических методов для выполнения инженерных расчетов поточных смесителей нефти с водой, численно анализировать гидродинамику в статических смесителях для перемешивания различных компонентов [143, 144]. Так в работе П. Пианко-Опрух, З. Джаворски [145] представлен обзор применения средств вычислительной гидродинамики для расчета скоростей потока и перепада давления для статических смесителей SMX. В работе Ф. Ферон, Н. Саузе [146] проведено сравнение по перепаду давления в турбулентном режиме течения для

трех статических смесителей фирмы SMX. Также, М. Шабани, М. Ализадех, А. Мазахери [147, 148] разработали модель вычислительной гидродинамики для смесителя-отстойника, по результатам которого предложена оптимальная геометрия данного смесителя, у которой эффективность намного выше, а З. Джаворски, Х. Мурадиевич [149] с помощью CFD-метода исследовали смешивания нефти и воды в смесителе Kenics, И. Гаспар П. Текич [150] по результатам CFD-метода оптимизировали геометрию статического смесителя, Г. Чен, З. Луи [151] продолжали изучение смесителей фирмы Kenics с использованием метода вычислительной гидродинамики о влияние соотношения сторон и угла закрутки на перепад давления в смесителях. М. Стек, П. Синовичек [152,153] разработали численную модель для статического смесителя фирмы Koflo, для прогнозирования перепада давления при турбулентном течении.

В работе [154] показано, что с помощью CFD-метода можно получить подробную информацию об эффективности перемешивания нефти с пресной водой и разработать конструкцию высокоэффективного статического смесителя для процесса обессоливания нефти и совершенствовать газодинамический метод разделения углеводородных газов за счет подбора оптимальной конструкции винтового закручивающего устройства. ОПИ СГС, разработанного на основе данных моделирования, подтвердили высокую эффективность в промышленных условиях и достоверность CFD-метода.

Большое количество работ посвящены применению вычислительной гидродинамики в статических смесителях с точки зрения интенсификации процесса, основываясь на характеристиках смешивания и массопереноса [155-159].

Исследовалась гидродинамика струйного гидравлического смесителя для обессоливания нефти в рабочих условиях. Моделирование проводилось с изменением геометрических размеров тангенциальных прорезей, а именно с изменением соотношения сторон, a/b прорези закручивающего устройства нефти в смесителе от 2 до 10 раз.

Для моделирования работы смесителя была построена твердотельная модель. Модель была разработана в CAD-системе и импортирована в модуль ANSYS Design Modeler, для получения расчетной области. Для создания расчетной сетки использовался модуль ANSYS Meshing. Для моделирования гидродинамики использовался инструмент ANSYS CFX.

Трехмерная твердотельная модель смесителя с закручивающим устройством представлена на Рисунке 2.13.

Твердотельная модель струйного гидравлического смесителя состоит из цилиндрического корпуса, внутри которого установлено закручивающее устройство. Закручивающее устройство состоит из конической заглушки, направленной острием на встречу потока, цилиндрического корпуса с прямоугольными прорезами и конического перехода.

Твердотельная модель закручивающего устройства с прорезами представлена на Рисунке 2.14.

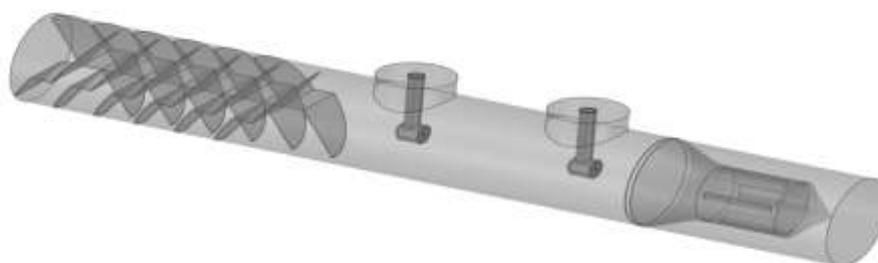


Рисунок 2.13– Твердотельная модель смесителя

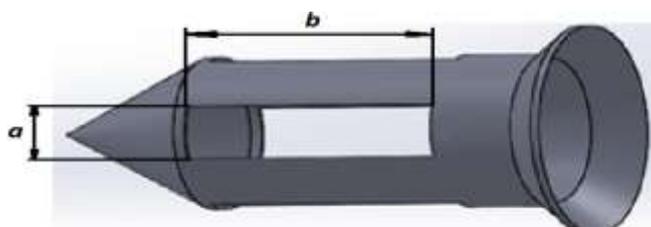


Рисунок 2.14– Твердотельная модель закручивающего устройства

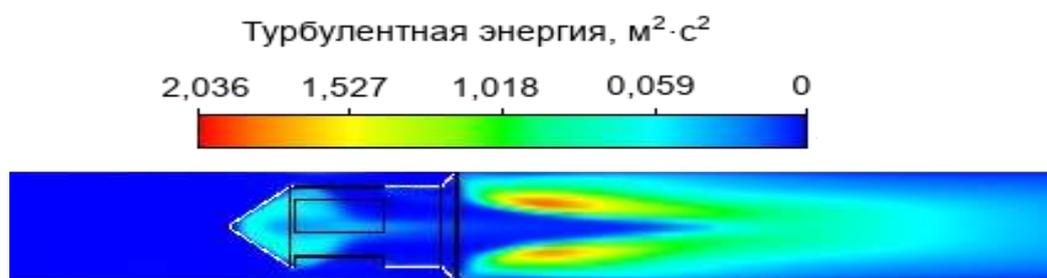
В гидродинамических расчетах была использована полуэмпирическая k - ϵ модель турбулентности, где учитывается кинетическую энергию турбулентности

и ε – скорость диссипации турбулентности. Согласно работам [160-162], использование турбулентных моделей приводит к более точным результатам, чем модель ламинарного потока для исследования сложных процессов взаимодействия нефти и воды в статических смесителях.

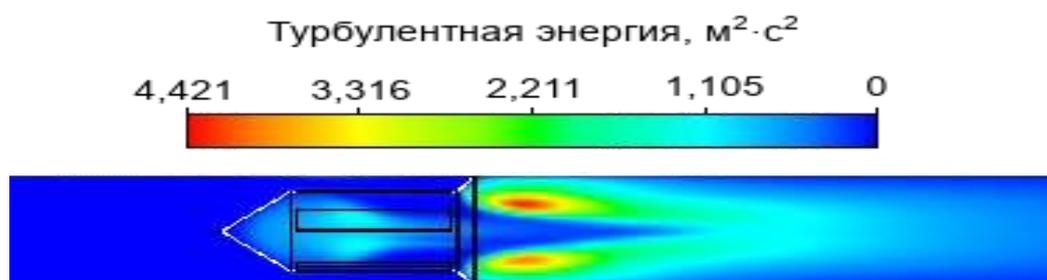
Количество элементов конечно-элементной сетки составило – 626878. Расчетная сетка, сгенерированная в модуле ANSYS Meshing.

Высокая степень диспергирования воды в нефти при обессоливании достигается за счет турбулизации потока. Поэтому моделирование процесса турбулизации проводилось при скорости потока жидкости, поступающей в смеситель, равной 2,5 м/с. Анализировались показатели турбулизации потока и перепада давления в смесителе в зависимости от соотношения сторон a/b в закручивающемся устройстве.

Результаты симуляции работы статического смесителя приведены на Рисунке 2.15.



а) при соотношении $a/b = 2$



б) при соотношении $a/b = 5$

Рисунок 2.15– Распределение кинетической энергии турбулизации потока жидкости в смесителе с закручивающим устройством

Из Рисунка 2.15 б) видно, что при соотношении сторон прорези $a/b = 5$ распределение кинетической энергии турбулизации потока жидкости в статическом смесителе с закручивающим устройством увеличивается.

На Рисунке 2.16 приведено сравнение скорости потока при разных соотношениях сторон a и b в закручивающем устройстве.

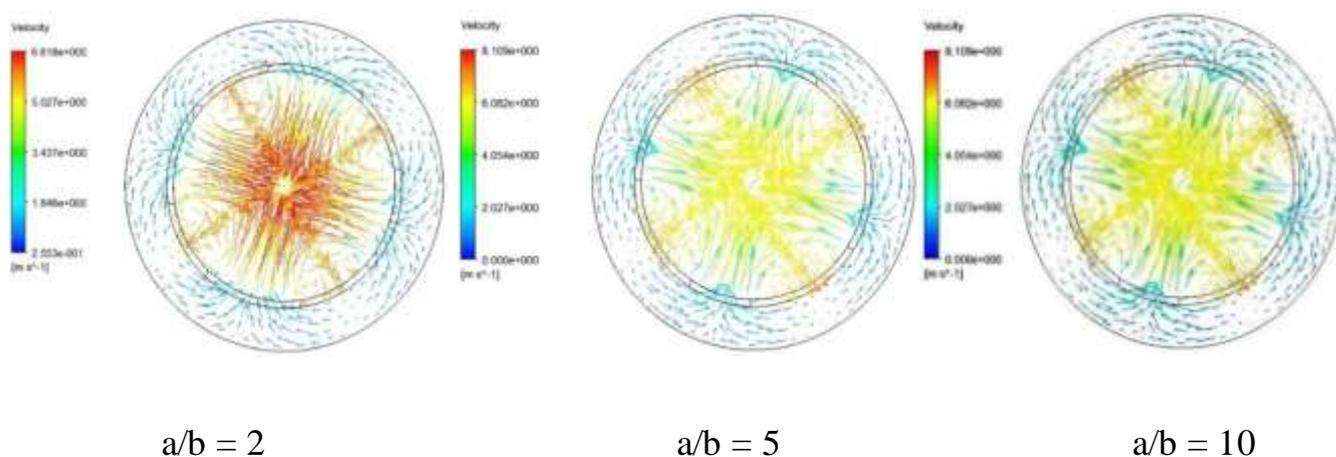


Рисунок 2.16– Распределение скорости потока в закручивающем устройстве при разных соотношениях a/b

При увеличении соотношении сторон прорези закручивающего устройства нефти a/b с 2 до 10 распределение скорости потока в смесителе повышается, что положительно влияет на интенсивность перемешивания нефти и пресной воды.

Перепад давления в смесителе возникает при прохождении жидкости через прорези закручивающего устройства. Величина перепада давления зависит не только от размера площади прорези, но и от соотношения сторон. Это связано с тем, что при увеличении соотношения длины прорези к ширине с 2 до 10 увеличивается периметр прорези и поверхность трения. Увеличение перепада давления приводит к повышению скорости турбулизации потока и интенсивности перемешивания нефти с пресной водой при обессоливании.

График изменения перепада давления в смесителе приведен на Рисунке 2.17, из которого видно, что наибольшее давление жидкости возникает и сохраняется перед вводом её в закручивающее устройство. При вводе жидкости в кольцевое сечение между корпусом смесителя и закручивающего устройства

скорость потока увеличивается из-за уменьшения площади сечения, следовательно, снижается давление. Скорость потока также увеличивается, когда жидкость проходит через прорези закручивающего устройства и как следствие, снижается давление. При прохождении жидкости внутри закручивающего устройства и на выходе в корпус смесителя скорость потока снижается, следовательно, увеличивается перепад давления. На Рисунках 2.18 и 2.19 приведены сравнение экспериментальных данных (кинетическая энергия турбулизации и перепад давления) в зависимости от соотношения сторон a/b в закручивающем устройстве.

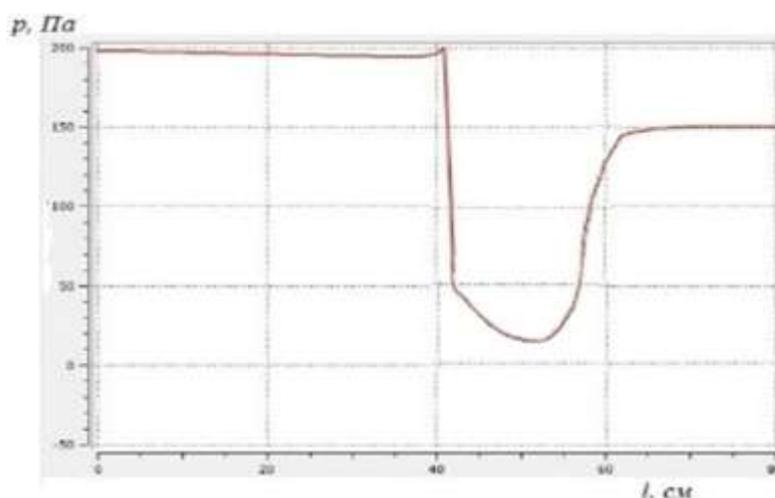


Рисунок 2.17 – График изменения перепада давления в закручивающем устройстве нефти при $a/b=5$

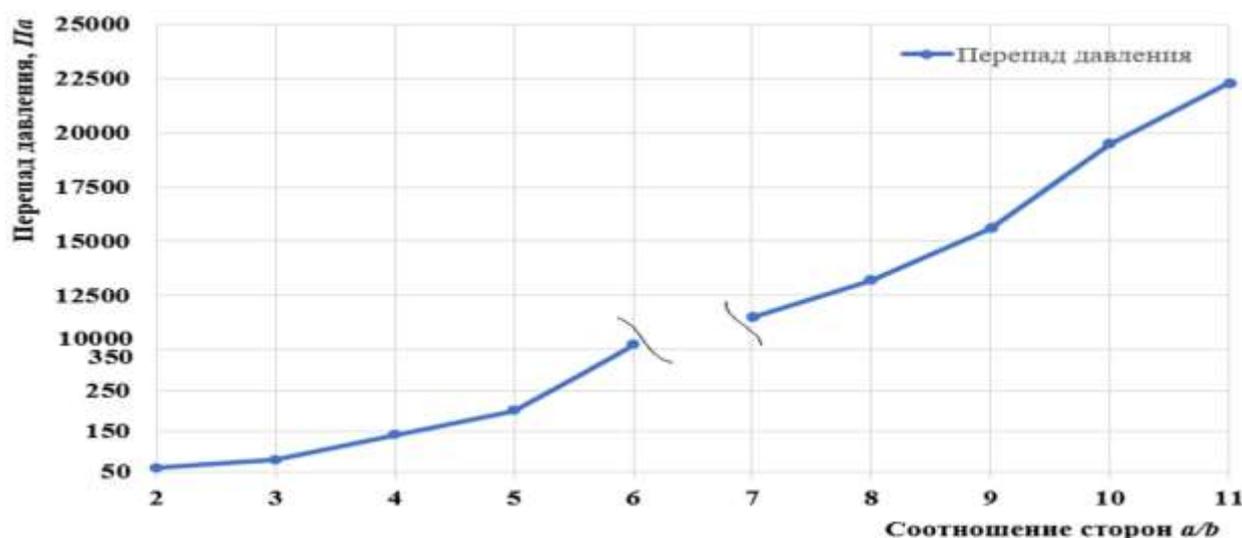


Рисунок 2.18– График зависимости перепада давления на устройстве от соотношения сторон a/b

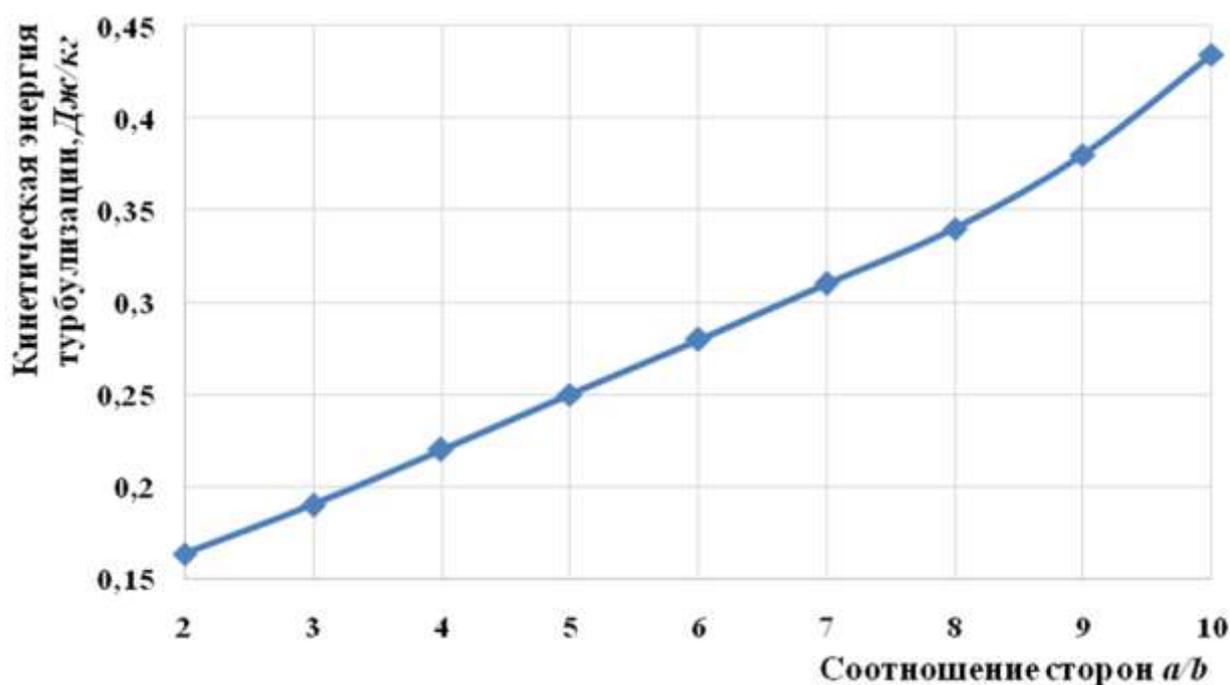


Рисунок 2.19– График зависимости кинетической энергии турбулизации от соотношения сторон a/b

Для обеспечения высокой степени диспергирования воды в нефтеэмульсии и повышения эффективности обессоливания необходимо обеспечить интенсивную турбулизацию потока. Анализ экспериментальных данных, приведенных на Рисунках 2.18 и 2.19 показывают, что с увеличением соотношения сторон a/b прорези закручивающего устройства нефти с 2 до 5 кинетическая энергия турбулизации увеличивается с 0,1636 до 0,2577 Дж/кг (на 57,5 %), при увеличении с 2 до 10 – энергия турбулизации увеличивается до 0,4344 Дж/кг, т. е. в 2,65 раза. Это оказывает положительное влияние на процесс обессоливания нефти, но при соотношении сторон прорези a/b равным 10, повышается и перепад давления в закручивающем устройстве до 19500 Па, выше которого не рекомендуется для обеспечения условия сохранения допустимого перепада давления в системе подготовки нефти от сырьевого насоса до конечных сепарационных устройств.

Таким образом, итоги данных моделирования показывают, что использование современных методов вычислительной гидродинамики для проведение сравнительного анализа влияния соотношения сторон прорезей

закручивающего устройства в смесителе на турбулизацию потока позволяет моделировать процессы смешения нефтеэмульсии и промывочной воды с высокой точностью, значительно сокращает время и материальные ресурсы на разработку высокоэффективных смесителей для обессоливания нефти.

При конструировании струйного гидравлического смесителя соотношение размеров прорезей закручивающего устройства нефти необходимо выбирать между показателями наибольшей кинетической энергии турбулизации и допустимым перепадом давления в технологической цепочке с учетом конкретных условий работы установки подготовки нефти. Расчетные исследования показывают, что оптимальным соотношением длины к ширине прорези закручивающего устройства является от 7 до 10.

ГЛАВА 3 РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ СМЕСИТЕЛЕЙ СГС С ВИХРЕВЫМИ УСТРОЙСТВАМИ ДЛЯ ОБЕССОЛИВАНИЯ НЕФТИ

3.1 СГС со спиралевидными прорезями турбулизатора потока нефти

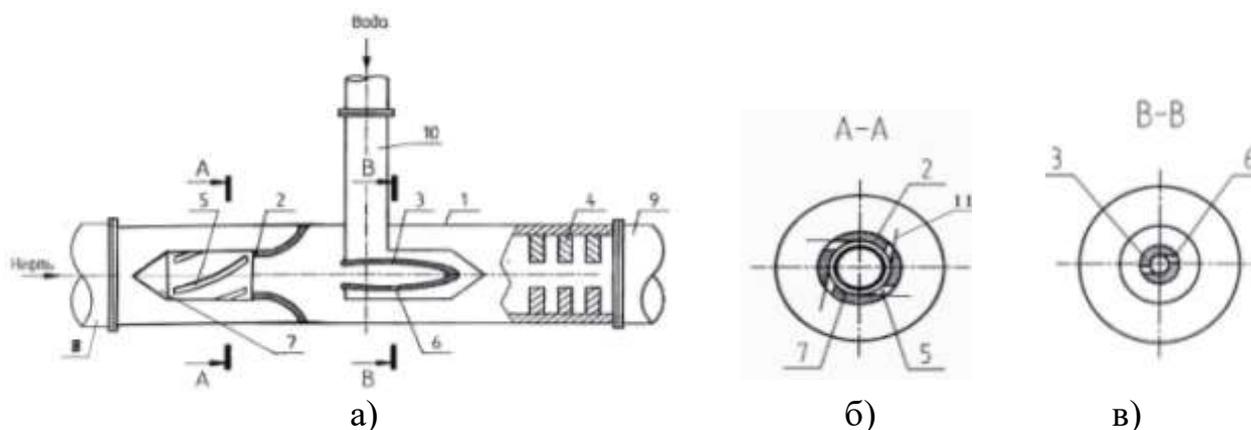
Разработан струйный смеситель со спиралевидными прорезями турбулизатора потока нефти для смешивания потоков жидкости, который может быть использован в химической, нефтяной и нефтеперерабатывающей промышленности [163].

Смеситель позволяет повысить интенсивность диспергирования взаимодействующих фаз и равномерность их распределения для получения гомогенной структуры смеси без дополнительных энергозатрат.

Технологический эффект достигается тем, что в струйном смесителе тангенциальные каналы вихревой камеры нефти имеют спиралевидную форму исполнения и имеют одинаковое направление закрутки потока.

Конструкция и принцип работы разработанного струйного смесителя поясняется на примере перемешивания нефти с водой, сопровождающими чертежами, представленными на Рисунке 3.1.

Струйный смеситель состоит из цилиндрического корпуса –1, в котором последовательно по направлению движения потока установлены соосно вихревая камера –2 смешиваемого компонента – нефти, вихревая камера –3 рабочего агента – воды, и успокоительная камера –4 в виде радиальных колец. Вихревая камера – 2 нефти представляет собой параболоид вращения, снабженный тангенциальными спиралевидными каналами –5. Вихревая камера воды–3 с тангенциальными каналами –6выполнена в виде усеченного эллипсоида вращения, т.е. более вытянутой формы, чем параболоидная вихревая камера –2 нефти.



1 – корпус СГС; 2 – завихритель нефти; 3 – завихритель воды;
 4 – коалесцирующий блок; 5 – спиральные отверстия; 6 – тангенциальное отверстие; 7 – конус; 8, 9 – трубопровод; 10 – трубопровод подачи воды;
 Рисунок 3.1 – Струйный смеситель: а) – общий вид струйного смесителя;
 б)– расположение тангенциальных спиралевидных каналов в вихревой камере, (сечение А-А); в)– расположение тангенциальных каналов (сечение В-В).

Тангенциальные каналы –5 и –6 вихревых камер –2 и –3 имеют одинаковое направление закрутки потока. Вихревая камера –2 нефти снабжена конусообразной перегородкой –7, вершина которой направлена навстречу потоку нефти. Входной патрубком –8 нефти и выходной патрубком –9 смеси расположены на центральной оси корпуса –1 смесителя, а входной патрубком –10 воды перпендикулярно ей. Внутри вихревая камера –2 нефти снабжена направляющими поток перегородками – 11.

Работа струйного смесителя осуществляется следующим образом. Смешиваемый компонент - поток нефти, подается в корпус смесителя– 1 через патрубком –8 и за счет конусообразной перегородки – 7, вершина которой направлена навстречу потоку, направляется к периферии корпуса – 1. Нефть, проходя по тангенциальным спиралевидным каналам – 5, закручивается, образуя периферийные и центральный вихри в вихревой камере – 2. Рабочий агент – поток воды, подаваемый в корпус смесителя– 1 через патрубком – 10, проходя по тангенциальным каналам – 6 в вихревую камеру – 3, закручивается в том же направлении, что и поток нефти. В эллипсоидной вихревой камере – 3 воды,

имеющей меньший диаметр и вытянутую форму, поток воды закручивается сильнее, способствуя созданию акустического волнового поля. Активизированные потоки из вихревых камер – 2 и – 3 устремляются навстречу друг другу. При соударении закрученных в одну сторону и направленных друг к другу струй происходит дополнительная усиленная раскрутка двух потоков, обеспечивающая интенсификацию процесса с равномерным распределением воды в нефти и гомогенным смесеобразованием. Затем жидкость устремляется к выходу из смесителя, где, ударяясь о радиальные кольца успокоителя–4 домешивается при стабилизации потока и выводится через выходной патрубок–8.

Положительный эффект разработанного струйного смесителя достигается при выполнении тангенциальных каналов вихревой камеры нефти спиралевидной формы. Увеличение количества тангенциальных каналов вихревой камеры – 2 для нефти – от 4 до 8 также способствует повышению равномерности распределения потоков в смесителе, увеличению интенсивности диспергирования взаимодействующих фазы получения гомогенной структуры смеси за счет части потенциальной энергии потоков в трубопроводах без дополнительных затрат.

3.2 Смеситель СГС с двумя диспергаторами воды

За последние 10-15 лет на практике достаточно широко используются смесители СГС на промыслах для смешивания нефтеэмульсии с промывочной водой.

Недостатки известных струйных смесителей [110-115, 122] связаны с невысокой степенью диспергирования рабочего агента, низкой эффективностью перемешивания при изменении расхода смешиваемых потоков. Недостаточная интенсивность перемешивания обусловлена отсутствием возможности регулирования расхода рабочего агента и степени его диспергирования при изменении расхода основного потока.

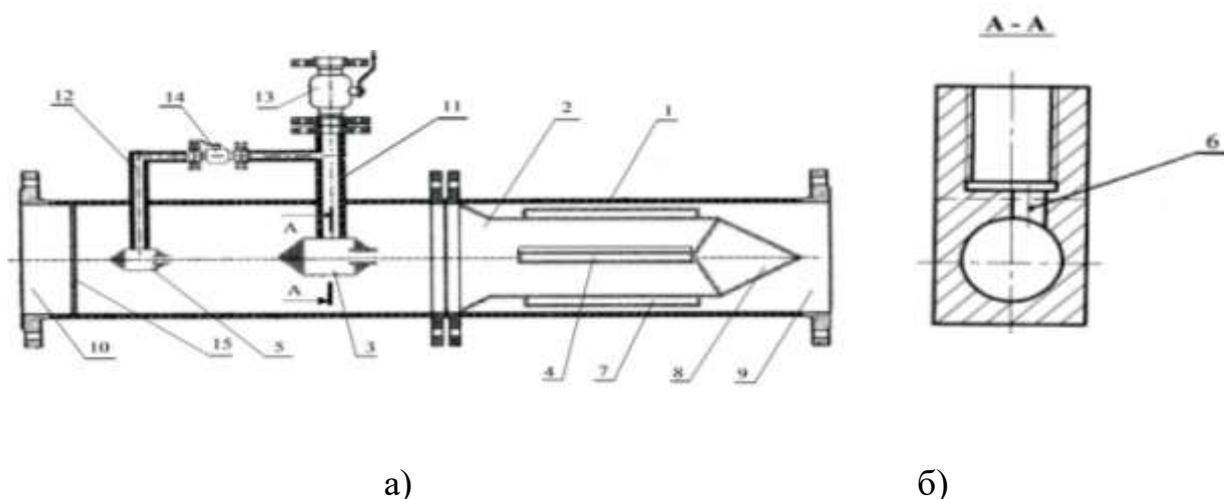
Задача, положенная в основу новой конструкции смесителей СГС, заключается в создании устройства, обеспечивающего возможность регулирования степени диспергирования рабочего агента и высокую

эффективность перемешивания в широком диапазоне изменения расхода смешиваемых потоков.

Для повышения эффективности смешения потоков за счет регулирования расхода рабочего агента – воды и степени его диспергирования без дополнительных энергозатрат, струйный смеситель с вихревыми устройствами снабжен дополнительной камерой рабочего агента – воды меньшего размера, установленной после основной камеры.

Конструкция струйного смесителя с двумя вихревыми устройствами [164] поясняется на примере перемешивания нефтяной эмульсии с водой и сопровождающими чертежами, которые представлены на Рисунке 3.2.

Струйный смеситель состоит из цилиндрического корпуса – 1, в котором последовательно по направлению движения потока установлены вихревая камера – 2 смешиваемого компонента – нефти и вихревые камеры – 3 рабочего агента – воды. Вихревая камера – 2 нефти снабжена тангенциальными спиралевидными или прямоугольными каналами – 4. Вихревые камеры воды – 3 и – 5 с тангенциальными каналами – 6 выполнены в виде цилиндра или усеченного эллипсоида вращения.



1 – корпус СГС; 2 – завихритель нефти; 3,5 – завихрители воды;
4,6 – тангенциальное отверстие; 7 – лопатка; 8 – конус; 9,10 – фланец; 11,12 –
трубопровод подачи воды; 13,14 – шаровые краны

а) – общий вид струйного смесителя с вихревыми устройствами;

б) – расположение тангенциальных каналов в вихревой камере, (сечение А-А).

Рисунок 3.2–Смеситель с двумя диспергаторами воды

Вихревая камера – 2 нефти снабжена направляющими поток перегородками – 7 и конусообразной перегородкой – 8, вершина которой направлена навстречу потоку нефти. Входной патрубок – 9 нефти и выходной патрубок – 10 смеси расположены на центральной оси корпуса – 1 смесителя, а входные патрубки – 11 и – 12 воды – перпендикулярно ей. Входные патрубки – 11 и – 12 снабжены шаровыми кранами – 13 и – 14 для регулирования расхода воды. На выходном патрубке смеси установлен успокоитель потока – 15.

Работа струйного смесителя осуществляется следующим образом. Смешиваемый компонент – поток нефти, подается в корпус смесителя – 1 через патрубок – 9 и за счет конусообразной перегородки – 8, вершина которой направлена навстречу потоку, направляется к периферии корпуса – 1. Нефть, проходя по тангенциальным каналам – 4, закручивается, образуя периферийные и центральный вихри в вихревой камере – 2. Рабочий агент – поток воды, подаваемый в корпус смесителя – 1 через патрубок – 11 и шаровой кран – 13, проходя по тангенциальным каналам – 6 в вихревую камеру – 3, закручивается в том же направлении, что и поток нефти. В вихревой камере – 3, имеющей вытянутую форму, поток воды закручивается сильнее, способствуя созданию акустического волнового поля. Активизированные потоки из вихревых камер – 2 и – 3 устремляются навстречу друг другу. При соударении закрученных в одну сторону и направленных друг к другу потоков происходит дополнительная усиленная раскрутка смеси, обеспечивающая равномерное распределение воды в нефти и интенсификацию процесса обессоливания.

При изменении расхода нефти или увеличении в ней содержания хлористых солей, для достижения оптимального соотношения воды и нефтеемульсии, степени диспергирования воды и повышения эффективности смешения в струйном смесителе с вихревыми устройствами предусмотрена возможность включения в работу дополнительной камеры рабочего агента – 5, за счет открытия шарового крана – 14 и подачи через патрубок – 12 дополнительного количества воды. При этом водно-нефтяная смесь контактирует с дополнительной порцией пресной воды и достигается улучшение эффективности обессоливания

нефти. На выходном патрубке смесь проходит через успокоителя потока – 15 затем устремляется к выходу из смесителя и выводится через выходной патрубок – 10.

Регулирование расхода воды и степени ее диспергирования при обессоливании нефти позволяет повысить эффективность смешивания потоков, избежать образования вторичной эмульсии из-за высокой диспергации воды, которое имеет место при использовании нефтерастворимого деэмульгатора для обезвоживания и обессоливания нефти.

Таким образом, достигается высокая эффективность смешения потоков за счет регулирования соотношения расхода нефти и рабочего агента – воды.

3.3 Смеситель СГС с секцией стабилизации потока

Анализ итогов технологического аудита более 20 промышленных установок подготовки нефти ведущих нефтяных компаний России и широкомасштабного ОПИ СГС показал, что примерно треть установок работают в условиях, когда в течение суток сильно меняется состав нефти, поступающей на подготовку. В связи с этим для получения товарной нефти требуемого качества расходуется большое количество материальных и энергоресурсов. На наш взгляд причины нестабильной работы установки в таких условиях можно разделить на объективные и субъективные. Объективные причины связаны с тем, что на этих установках несовершенна технология подготовки нефти; используются неэффективные смесители для обессоливания нефти, смешения деэмульгаторов и поглотителей сероводорода или ввод этих реагентов осуществляется обычной врезкой штуцера в трубопровод без какого либо смешивающего устройства; на установке отсутствует буферная емкость сырой нефти необходимого объема для усреднения сырья, это особенно актуально для тех установок, на которых нефть сильно отличается по физико-химическим свойствам поскольку доставляется с разных месторождений автоцистернами. Субъективным фактором можно отнести отсутствие взаимодействия и обмена информацией между смежными службами: добычи подготовки нефти. Это можно объяснить на простом примере: служба

подготовки нефти не всегда владеет информацией о проведения плановых ремонтов на скважине, соляно-кислотной обработки и гидроразрыва пласта для поддержание высокого уровня добычи нефти [165, 166].

После проведения вышеуказанных мероприятий на скважинах, в зависимости от протяженности трубопровода, нефть через определенный промежуток времени поступает на УПН. На установке кислотность (рН) нефти, как правило, анализируется один раз в неделю, поэтому не всегда удается вовремя оценить качество поступающего сырья и принять необходимые меры по нейтрализации кислоты и корректировки режимных показателей.

Исследованиями ученых показано, что часть непрореагировавшей соляной кислоты после обработки скважины попадает в систему сбора и подготовки скважинной продукции, тем самым оказывая существенное влияние на снижение эффективности обезвоживания нефти [167-170].

Авторами в статье [171] приведены данные экспериментального подтверждения негативного влияния содержания соляной кислоты в нефти на эффективность процесса обезвоживания: с повышением концентрации кислоты происходят снижение среднего размера капель дисперсной фазы и повышение агрегативной устойчивости водонефтяной эмульсии, что отрицательно влияет на эффективность работы отстойников нефти. В статье также показано, что для каждого значения содержания соляной кислоты в эмульсии существует оптимальный расход деэмульгатора, который как правило, определяется экспериментальным путем.

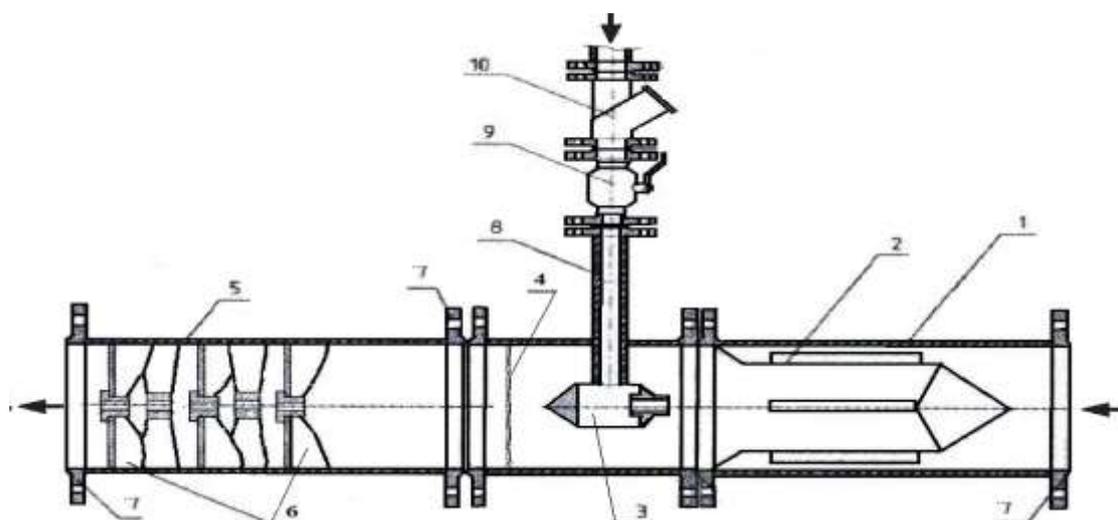
Из-за несовершенной технологии подготовки нефти и недостаточной эффективности применяемых смесителей для пресной воды и деэмульгатора, увеличение кислотности водонефтяной смеси, поступающей на УПН, приводит к ухудшению качества подготовленной нефти по содержанию хлористых солей и воды, или к резкому увеличению расхода деэмульгатора и пресной воды на обессоливание для обеспечения требуемого качества нефти.

Анализ литературных данных показывают, что при постоянном изменении качества поступающее на переработку нефти использование высокоэффективных

СГС позволяет получать нефть требуемого качества и стабилизировать режимные параметры работы УПН [115, 117-121].

Для повышения эффективности процесса смешения нефтеэмульсии с пресной водой и реагентами при нестационарных режимных параметрах и качества нефти, поступающей на подготовку, был усовершенствован струйный гидравлический смеситель [172], показавший высокую эффективность обессоливания на УПН, за счет оснащения ее дополнительной секцией стабилизации потока (Рисунок 3.3)

Данный смеситель СГС состоит из цилиндрического корпуса – 1, в котором последовательно по направлению движения потока установлены вихревая камера – 2 смешиваемого компонента – нефти, вихревая камера – 3 рабочего агента – воды, и успокоительная камера – 4 в виде радиальных колец. Дополнительная секция – 5 оснащена стабилизатором потока – 6, представляющий собой систему лопастей, выполненной из листового металла нержавеющей стали. Струйный гидравлический смеситель крепится к трубопроводу нефти с помощью фланцев – 7. Пресная вода на обессоливание (реагент) подается в вихревую камеру – 3 через входной патрубок – 8, снабженный шаровым краном – 9 и фильтром – 10.



- 1 – корпус СГС; 2 – завихритель нефти; 3 – завихритель воды; 4, 6 – успокоители потока; 5 – корпус успокоителя; 7 – фланцы; 8 – трубопровод подачи воды; 9 – шаровый кран; 10 – фильтр

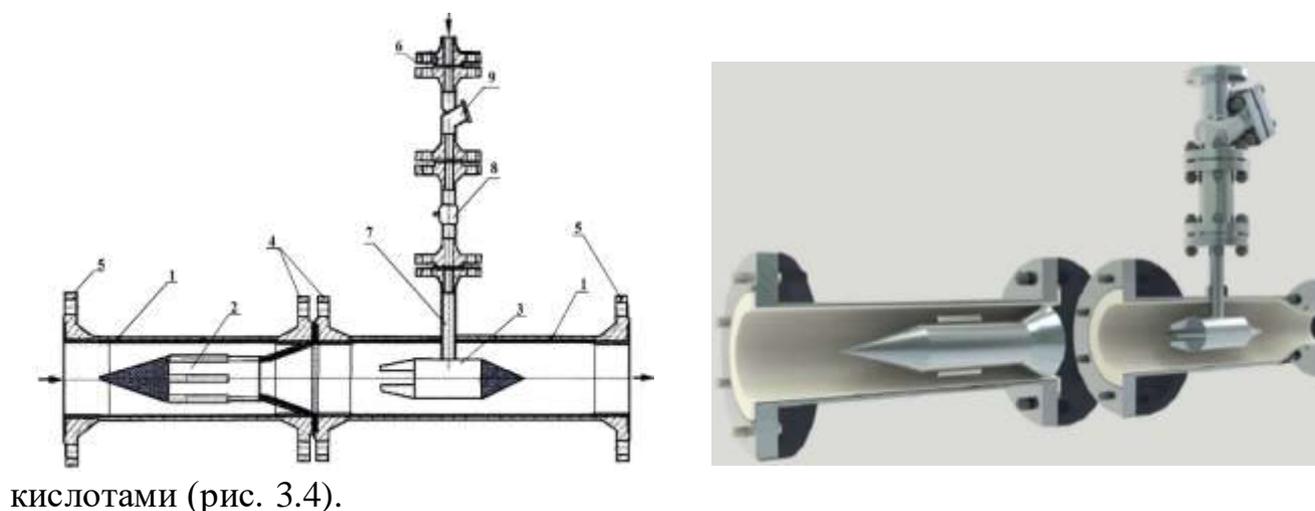
Рисунок 3.3–СГС с стабилизатором потока

3.4 Смеситель СГС с вихревыми устройствами для смешения нефти с реагентами

Смесители СГС для реагентов предназначены для эффективного смешения растворов с основным потоком, их гомогенизации в различных технологических процессах. Их отличительной особенностью является условия эксплуатации, вид применяемых реагентов (высокая коррозионная агрессивность).

Расчет, проектирование конструкции СГС и его изготовление производится индивидуально под конкретные условия и рабочие параметры технологического оборудования, в составе которого используется смеситель.

На основе струйного гидравлического смесителя [173], показавшую высокую эффективность в промышленных условиях подготовки нефти, разработан смеситель для смешивания нефти с реагентами (щелочью и кислотами) (Рисунок 3.4) для процессов защелачивания нефти, нейтрализации щелочных стоков



кислотами (рис. 3.4).

а)

б)

1 – корпус СГС; 2 – завихритель нефти; 3 – завихритель воды; 4, 5, 6 – фланцы;

7 – трубопровод подачи воды; 8 – шаровый кран; 9 – фильтр

а) корпус и завихритель основного потока выполнен из стали 12Х18Н10Т, завихритель реагента – из стали 12Х18Н10Т; б) корпус смесителя и завихрители основного потока и реагента дополнительно футерованы фторопластом.

Рисунок 3.4 – Устройство смесителя для реагента

Смеситель состоит из корпуса – 1, состоящий из двух частей, соединенных фланцами – 4, завихрителя основного потока – 2, завихрителя вводимого потока реагента – 3. Части и детали смесителя собраны сварным соединением. К технологическому трубопроводу смеситель присоединяется соединительными фланцами – 5 и – 6. Реагент подается в вихревую камеру – 3 через входной патрубок – 7, снабженный шаровым краном – 8 и фильтром – 9.

Смеситель работает следующим образом. Основной поток подается в смеситель – 1, проходит через тангенциальные входные отверстия завихрителя основного потока – 2, ускоряется и обретает круговое движение потока. Поток реагента поступает в завихритель – 3 по патрубку – 7, закручивается с высокой скоростью по параболоиду вращения, создавая акустическое волновое поле, в котором активируются потоки. За счет чего происходит интенсивное перемешивание, далее смесь движется в направлении выхода из смесителя в трубопровод.

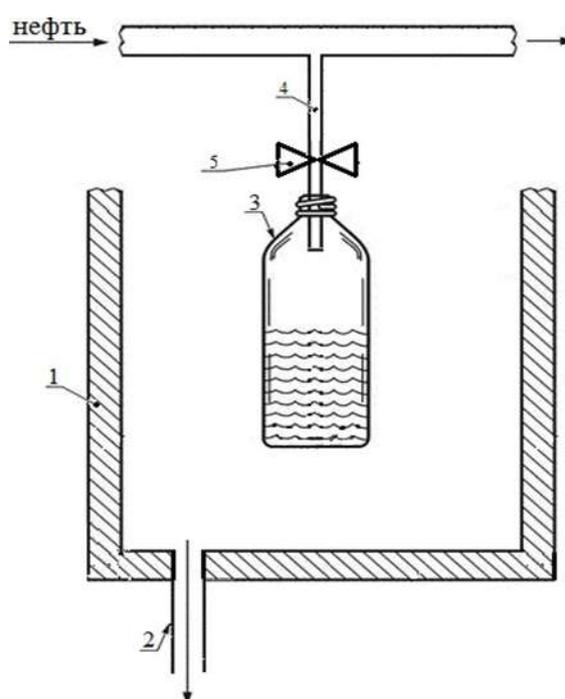
Для прекращения подачи потока реагента в смеситель на патрубке – 7 монтируется запорный клапан – 8, для предотвращения попадания мелких частиц в поток, перед клапаном монтируется фильтр тонкой очистки – 9, с размерами ячеек сетки не более 3 мм. Эксплуатация смесителя без фильтра тонкой очистки может привести к засорению завихрителя потока реагента и выходу из строя смесителя.

Учитывая высокую коррозионную активность растворов кислот и щелочей, смеситель изготавливается в соответствии с ТУ3689-006-50799072-2013 из стали марки 12Х18Н10Т, завихритель потока реагента из нержавеющей стали 12Х18Н10Т. Для смешивания особо коррозионно-активных потоков, корпус смесителя изнутри и завихрители основного потока и реагента дополнительно покрывают фторопластом. Предусмотрен вариант конструкции смесителя СГС с возможностью изготовления завихрителя потока реагента полностью из фторопласта.

ГЛАВА 4 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ АУДИТ УПН И РЕЗУЛЬТАТЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СМЕСИТЕЛЕЙ СГС С ВИХРЕВЫМИ УСТРОЙСТВАМИ

В ходе проведения технологического аудита промышленных установок подготовки нефти отбирались пробы нефти до смешения ее с пресной водой и после отстойника или ЭДГ, а также пробы дренажной (минерализованной) воды.

Отбор проб нефти и воды производился из штатного пробоотборника (Рисунок 4.1).



1 – емкость; 2 – дренажное отверстие; 3 – пробоотборная емкость;
4 – нефтезаборный патрубок; 5 – вентиль

Рисунок 4.1 – Пробоотборник

Отбор проб в емкость пробоотборника – 3 осуществляется в следующей последовательности:

1. Промывается нефте- или водозаборный патрубок – 4, для этого открывается вентиль – 5 и находящаяся нефть (вода) из нефте- или водозаборного патрубка 4 – сливается в емкость – 1, до заполнения примерно 3/4 объема, потом

через дренажное отверстие – 2 сливается в заглубленную емкость (на рисунке не указана);

2. Отбор пробы в емкость пробоотборника – 3 осуществляется после выполнения первого пункта, не закрывая вентиль – 5 полностью, под нефте- или водозаборный патрубок – 4 подставляется сухая емкость пробоотборника– 3 и заполняется на 2/3 объема.

При отборе проб необходимо руководствоваться ГОСТ 2517-2012 [174].

Определение содержания хлоридов в нефти производится анализатором АУМ-101М. Принцип действия анализатора – кондуктометрическое определение проводимости пробы нефти, разбавленной смесью этилового и н-бутилового спиртов с параксилолом. Продолжительность проведения анализа составляет десять минут. Погрешность полученных результатов не более 4%.

Данный метод имеет достаточную сходимость с данными, полученными стандартной методикой определения содержания хлоридов в нефти.

Анализатор используется для оперативного контроля содержания хлоридов в нефти, поступающих на пункты подготовки и на ступенях блока обессоливания.

Групповой химический состав нефти определяется на хроматографе «Градиент-М» методом жидкостной адсорбционной вытеснительной хроматографии на силикагеле [175].

Перед проведением анализа необходимо провести подготовку пробы нефти в следующей последовательности:

– осушить пробу на прокаленном хлористом кальции в течение двух суток для исключения отрицательного влияния воды на результаты анализа [176];

– с целью уменьшения погрешности замера из-за испарения легких фракций, в результате проведения анализа, от нефти на специальном аппарате отгоняются легкие фракции (н.к.-200 °С) [177]. Анализируется кубовый остаток.

Стандартные методы анализа нефти, используемые в работе, приведены в Таблице 4.1. Схема монтажа СГС представлена на Рисунке 4.2.

Смеситель – 1 монтируется с помощью фланцевого соединения в нефтепровод – 2. В подаваемых на смешение потоках производятся замеры подачи и давления.

Таблица 4.1 – Методы анализа проб нефти

Анализ	ГОСТ	Примечание
Нефть. Методы определения содержания хлористых солей	ГОСТ 21534-76 [178]	—
Содержание воды в нефти по методу Дина и Старка	ГОСТ 2477-2014 [179]	В качестве растворителя применялся изооктан
Содержание механических примесей в нефти	ГОСТ 10577-78 [180]	—

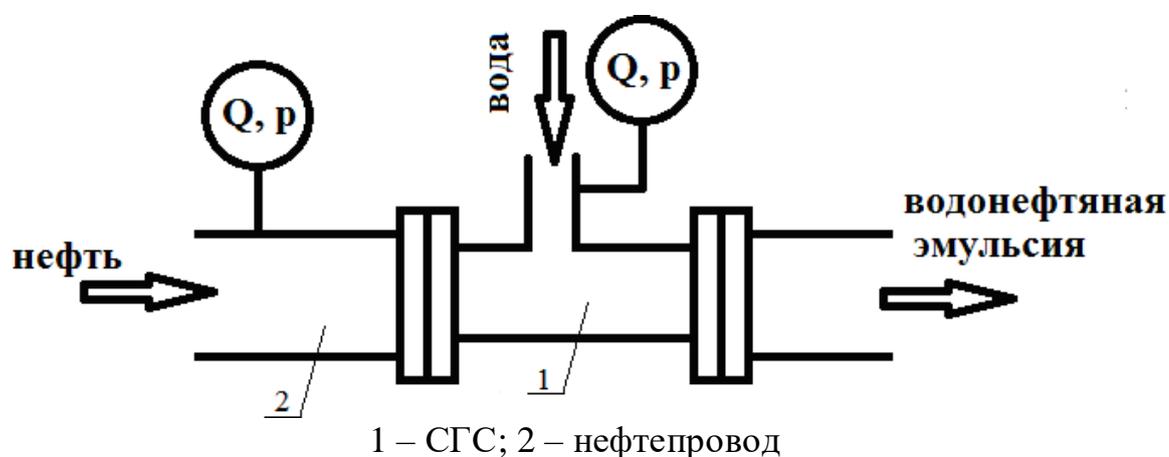


Рисунок 4.2 – Схема монтажа СГС

Для анализа эффективности технологии подготовки нефти и работы основного технологического оборудования был проведен технологический аудит более 20 промышленных УПН ведущих нефтяных компаний России, таких как Татнефть, Роснефть, ЛУКОЙЛ, Русснефть, Тайойлгаз и др. В ходе аудита изучены основные режимные параметры работы установки подготовки нефти, качество сырой и товарной нефти.

Анализ данных работы УПН показал, что используемые на установках устройства смешения нефти с пресной водой и реагентами работают с недостаточной эффективностью. На некоторых установках существующие

смесители не позволяют стабильно получать товарную нефть требуемого качества или для обеспечения ее качества на обессоливание расходуется большое количество пресной воды. На других установках качество товарной нефти часто выходит за пределы допустимых значений ГОСТ Р 51858-2002 [181], т.е. содержание хлористых солей составляло более 100 мг/л, остаточное содержание воды более 0,5 масс. %.

4.1 Процесс подготовки нефти на Ново-Суксинской УПВСН

УПВСН «Ново-Суксинский» НГДУ «Прикамнефть» предназначена для обезвоживания, обессоливания и стабилизации нефти, подготовки пластовой воды для системы поддержания пластового давления.

Здесь подготавливается до первой группы качества нефть тринадцати месторождений ЦДНГ-3, (смесь девона и карбона), а также нефть малых нефтяных компаний, которая в количестве более 4000 т/сут откачивается в систему магистральных нефтепроводов «Транснефть-Прикамье». Подача пресной воды на обессоливание осуществляется перед ЭДГ, для смешивания нефти с пресной водой использовались СПВ. В ходе технологического аудита выяснилось, что существующие СПВ работают неэффективно, кроме того, наблюдаются случаи засорения ее с посторонними включениями в нефти (Рисунок 4.3). Основные режимные показатели блока ЭДГ установки подготовки нефти с 20.07.2015 по 04.08.2015 приведены в Таблице 4.2.



Рисунок 4.3– Смеситель СПВ

Таблица 4.2 – Основные показатели работы блока подготовки нефти согласно анализам нефти после ЭДГ-3, 4 при существующем смесителе нефтеэмульсии и пресной воды, до внедрения смесителя СГС на Ново-Суксинской УПВСН, НГДУ «Прикамнефть» ПАО «Татнефть»

Дата, дд.мм.гг.	Время, чч:мм	Расход нефти, м ³ /час	Расход воды, м ³ /час	Содержание солей, мг/л (перед ЭДГ)	Содержание солей, мг/л (после ЭДГ)
20.07.2015	08:00	63	3,4	318	161
20.07.2015	16:00	61	3,3	420	154
20.07.2015	24:00	61	3,3	345	146
21.07.2015	08:00	98	3,2	644	185
21.07.2015	16:00	103	3,4	1560	240
21.07.2015	24:00	101	3,4	940	180
22.07.2015	08:00	97	3,5	670	164
22.07.2015	16:00	65	3,2	620	158
22.07.2015	24:00	63	3,4	257	124
23.07.2015	08:00	102	3,4	364	126
23.07.2015	16:00	98	3,3	1240	156
23.07.2015	24:00	62	3,4	860	138
24.07.2015	08:00	59	3,2	340	156
24.07.2015	16:00	60	3,3	280	132
24.07.2015	24:00	58	3,1	269	136
25.07.2015	08:00	58	3,4	356	148
25.07.2015	16:00	56	3,4	460	162
25.07.2015	24:00	56	3,3	280	142
26.07.2015	08:00	57	3,2	640	156
26.07.2015	16:00	58	3,3	620	103
26.07.2015	24:00	56	3,4	350	146
27.07.2015	08:00	56	3,2	380	140
27.07.2015	16:00	58	3,3	400	160
27.07.2015	24:00	56	3,4	380	165
28.07.2015	08:00	56	3,4	1200	180
28.07.2015	16:00	56	3,3	1400	238
28.07.2015	24:00	54	3,1	1250	186
29.07.2015	08:00	54	3,4	760	230
29.07.2015	16:00	54	3,2	340	220

Продолжение таблицы 4.2

Дата, дд.мм.гг.	Время, чч:мм	Расход нефти, м ³ /час	Расход воды, м ³ /час	Содержание солей, мг/л (перед ЭДГ)	Содержание солей, мг/л (после ЭДГ)
29.07.2015	24:00	56	3,3	280	160
30.07.2015	08:00	54	3,2	208	130
30.07.2015	16:00	55	3,0	220	120
30.07.2015	24:00	56	3,1	240	135
31.07.2015	08:00	54	3,4	180	128
31.07.2015	16:00	54	3,3	166	180
31.07.2015	24:00	55	3,2	236	180
1.08.2015	08:00	56	3,1	280	164
1.08.2015	16:00	54	3,4	230	180
1.08.2015	24:00	55	3,3	440	164
2.08.2015	08:00	57	3,2	640	150
2.08.2015	16:00	56	3,1	440	135
2.08.2015	24:00	55	3,4	250	157
3.08.2015	08:00	54	3,3	264	180
3.08.2015	16:00	55	3,2	280	164
3.08.2015	24:00	57	3,1	275	156
4.08.2015	08:00	55	3,2	250	180
Инженер-технолог НГДУ «Прикамнефть»					Р.Н.Фархутдинов

Данные Таблицы 4.2 показывают, что содержание хлористых солей в нефти после ЭДГ составляет 103-240 мг/л и не соответствует первой группе согласно [180]. Это объясняется постоянными изменениями в течении смены содержания солей в исходной нефти в широких пределах (от 200 до 1560 мг/л) и недостаточной эффективностью смесителя. Для обеспечения требуемого качества и бесперебойной сдачи товарной нефти через СИКН в соответствии с требованиями технических условий на подключение объектов нефтедобычи ПАО «Татнефть» к магистральным нефтепроводам ПАО «Транснефть» [182], снижения удельного расхода электроэнергии за счет уменьшения объема рециркуляции внутри установки, необходимо усовершенствовать существующую технологию.

С этой целью на ЦППН-2 Ново-Суксинской УПВСН были установлены два СГС (нефть-вода) конструкции ООО «НТ-Центр» для обессоливания нефти 4 августа 2015 года перед ЭДГ-3 и 14 октября 2015 года перед ЭДГ-4.

Принципиальная схема блока ЭДГ с использованием двух СГС приведена на Рисунке 4.4.

Согласно утвержденной программе проведения испытаний СГС конструкции «НТ-Центр» на объектах подготовки нефти ПАО «Татнефть» было проведено ОПИ СГС.

Цель проведения ОПИ: подтверждение эффективности работы СГС для обессоливания нефти в промышленных условиях (постоянно меняющегося качества нефти, содержания солей и воды).

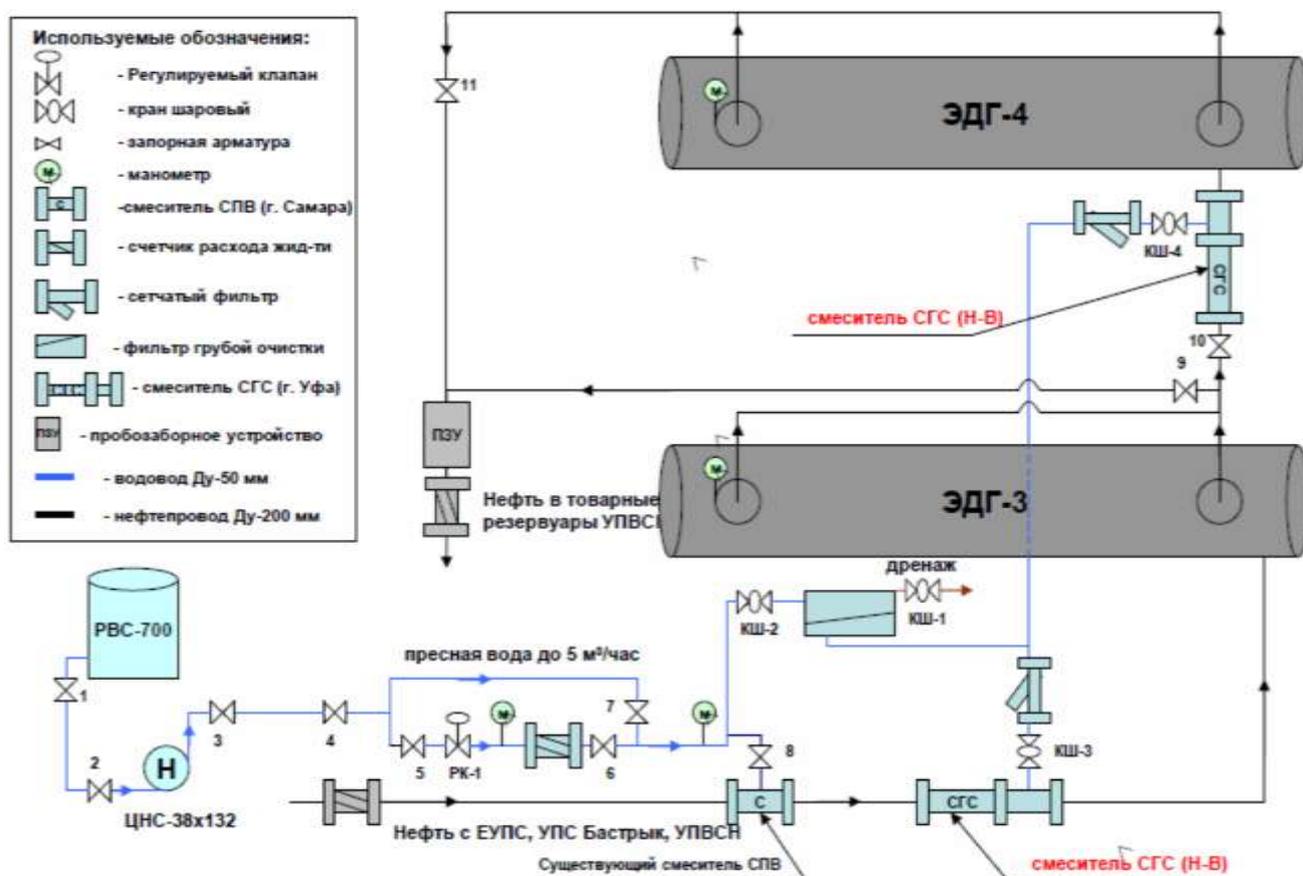


Рисунок 4.4 – Принципиальная схема блока ЭДГ

В процессе проведения ОПИ установлено, что применение смесителя СГС позволяет эффективно проводить обессоливание нефти, поступающей на установку и стабильно получать товарную нефть с содержанием солей 50-60 мг/л

и остаточным содержанием воды 0,09% даже при изменении содержания хлористых солей в сырой нефти до 5-8 раз в течение суток в широком диапазоне (480-1060 мг/л). Во время проведения ОПИ расход воды на обессоливание составил 3,0 и 1,9 м³/ч на первую и вторую ступени соответственно.

По значениям изменения содержания хлористых солей на входе первой ступени обессоливания (перед ЭДГ-3) и на выходе второй ступени обессоливания (после ЭДГ-4) за период с 30.11 по 13.12.2015 составлена Таблице 4.3 и приведены графики на Рисунке 4.5.

Данные проведения ОПИ смесителя на практике подтверждают его высокую эффективность при нестационарных условиях работы УПН (акт внедрения в приложении).

Таблица 4.3 –Содержание солей после внедрения СГС на Ново-Суксинской УПВСН

После ЭДГ-4 при внедрении СГС	Дата	31 нбр.	1 дек.	2 дек.	3 дек.	4 дек.	5 дек.	6 дек.	7 дек.	8 дек.	9 дек.	10 дек.	11 дек.	12 дек.	13 дек.
	Объём солей, мг/л		61,3	48,3	69,0	61,3	49,3	57,7	57,3	55,3	58,0	55,7	62,0	61,3	51,3

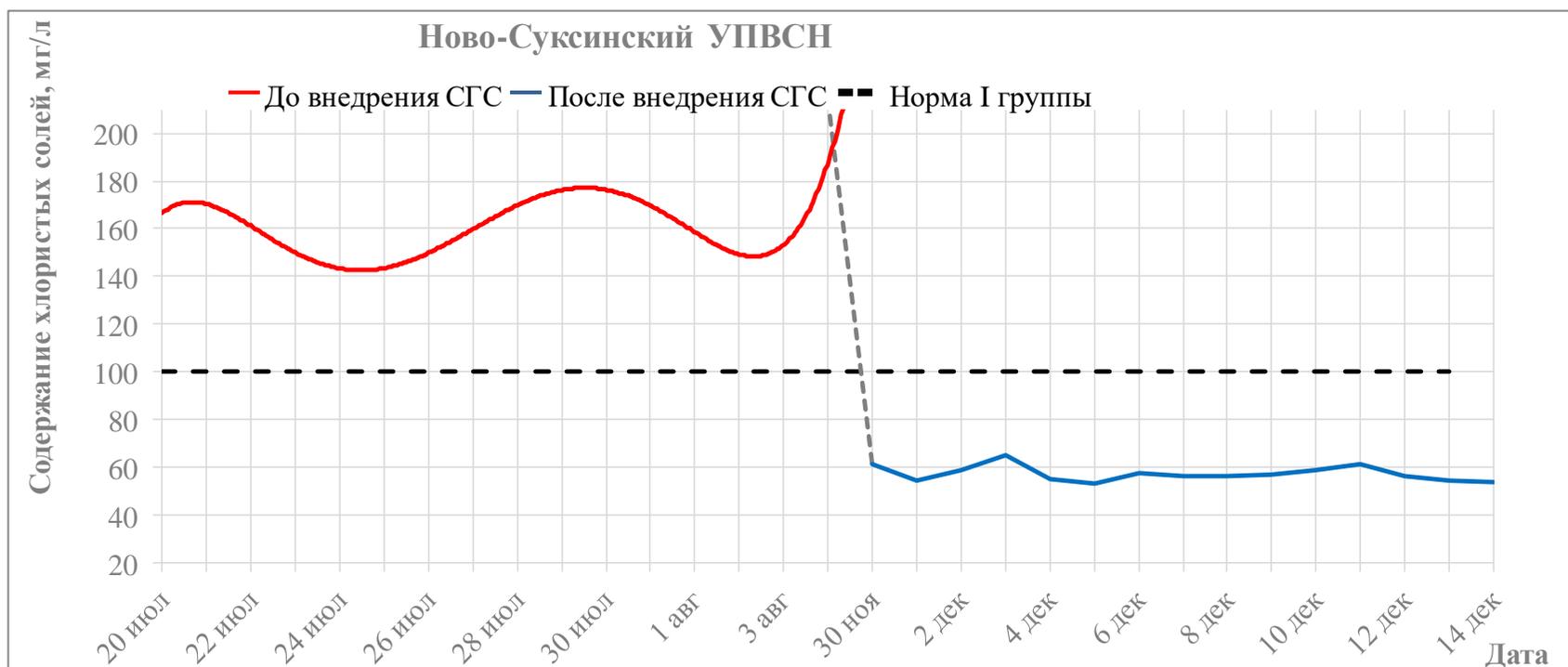


Рисунок 4.5– График изменения содержания хлористых солей до и после внедрения СГС на Ново-Суксинской УПВСН

4.2 Подготовка на УПН «Радаевская» ЦПН №1 АО «Самаранефтегаз»

На УПН «Радаевская» перерабатывается более 4000 тонн нефти в сутки.

Пресная вода, с температурой 35-40 °С, подается на обессоливание в две ступени: первая ступень перед отстойниками О-12, 13, 14, вторая ступень перед отстойниками О-9, О-10, О-11. Расход воды в смеситель первой ступени (СМ-1) составляет 9,1-10,0 м³/ч, второй ступени (СМ-2) 5,5-6,5 м³/ч соответственно.

Для смешения нефти с водой на всех ступенях обессоливания используются смесители СВН-200-15-1,6 (Рисунок 4.6).



Рисунок 4.6 – Смеситель СВН-200

Анализ данных технологического аудита работы установки подготовки нефти «Радаевская», ЦПН №1 АО «Самаранефтегаз» (Таблица 4.4), и представленного графика изменения содержания хлористых солей (Рисунок 4.8), показывают, что качество нефти после второй ступени обессоливания не всегда соответствует требованиям первой группы. Содержание хлористых солей составляло более 100 мг/л. При этом на обессоливание подается суммарно 8,5-10,0 масс. % на нефть пресной воды, что по сравнению с аналогичными установками подготовки нефти со схожими свойствами достаточно много. Это связано с недостаточной эффективностью работы используемых смесителей.

Поэтому для обеспечения стабильного качества товарной нефти после второй ступени обессоливания в соответствии с требованиями ГОСТ Р51858-2002, снижения расхода пресной воды на обессоливание, необходимо было усовершенствовать существующую технологию подготовки нефти.

Согласно утвержденной программе проведения ОПИ СГС с вихревым устройством производства «НТ-Центр» от 01.08.2019 на УПН «Радаевская» ЦПН №1 АО «Самаранефтегаз» был поставлен смеситель СГС DN 300 с переходом на DN 200, PN 16. Его установили на 2-ой ступени обессоливания на входном нефтепроводе перед отстойниками: О-12, О-13 и О-14. Дата запуска смесителя – 03.12.2019.

Монтажная схема присоединения СГС на УПН «Радаевская» приведена на Рисунке 4.7, фото смонтированного СГС – на Рисунке 4.9 соответственно.

По данным технологического аудита и ОПИ СГС за период с 05.12.2019 по 18.12.2019 проанализирована работа смесителей на УПН «Радаевская», составлена таблица 4.4 и построены усреднённые графики изменения содержания хлористых солей после каждой ступени обессоливания нефти (рис. 4.8). При этом расход пресной воды на обессоливание составлял 8,0 м³/ч и 4,8 м³/ч на вторую и третью ступени обессоливания соответственно.

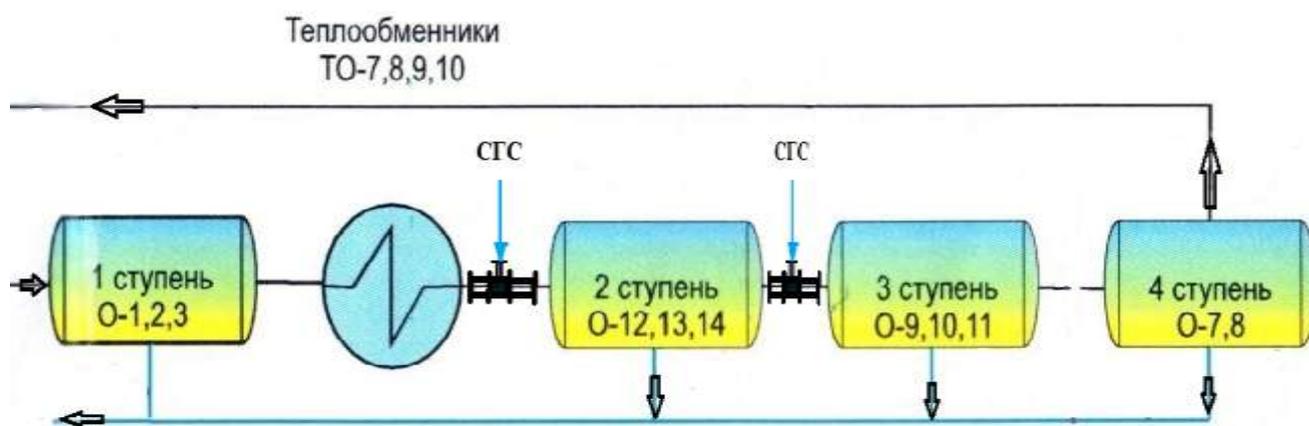


Рисунок 4.7– Монтажная схема СГС на УПН «Радаевская»

Таблица 4.4 – Сравнительные данные содержания солей до и после внедрения СГС на УПН «Радаевская»

На II ступени до внедрения СГС	Дата	3 окт.	5 окт.	6 окт.	7 окт.	8 окт.	9 окт.	11 окт.	13 окт.	15 окт.	17 окт.	19 окт.	21 окт.	23 окт.	25 окт.
	Объём солей, мг/л	108,0	86,7	94,5	83,5	93,0	146,0	102,3	93,3	92,8	80,8	137,0	103,0	93,8	104,8
На II ступени после внедрения СГС	Дата	5 дек.	6 дек.	7 дек.	8 дек.	9 дек.	10 дек.	11 дек.	12 дек.	13 дек.	14 дек.	15 дек.	16 дек.	17 дек.	18 дек.
	Объём солей, мг/л	89,7	90,2	83,8	81,5	71,7	70,5	70,3	74,5	82,3	90,5	86,7	82,0	82,0	78,5

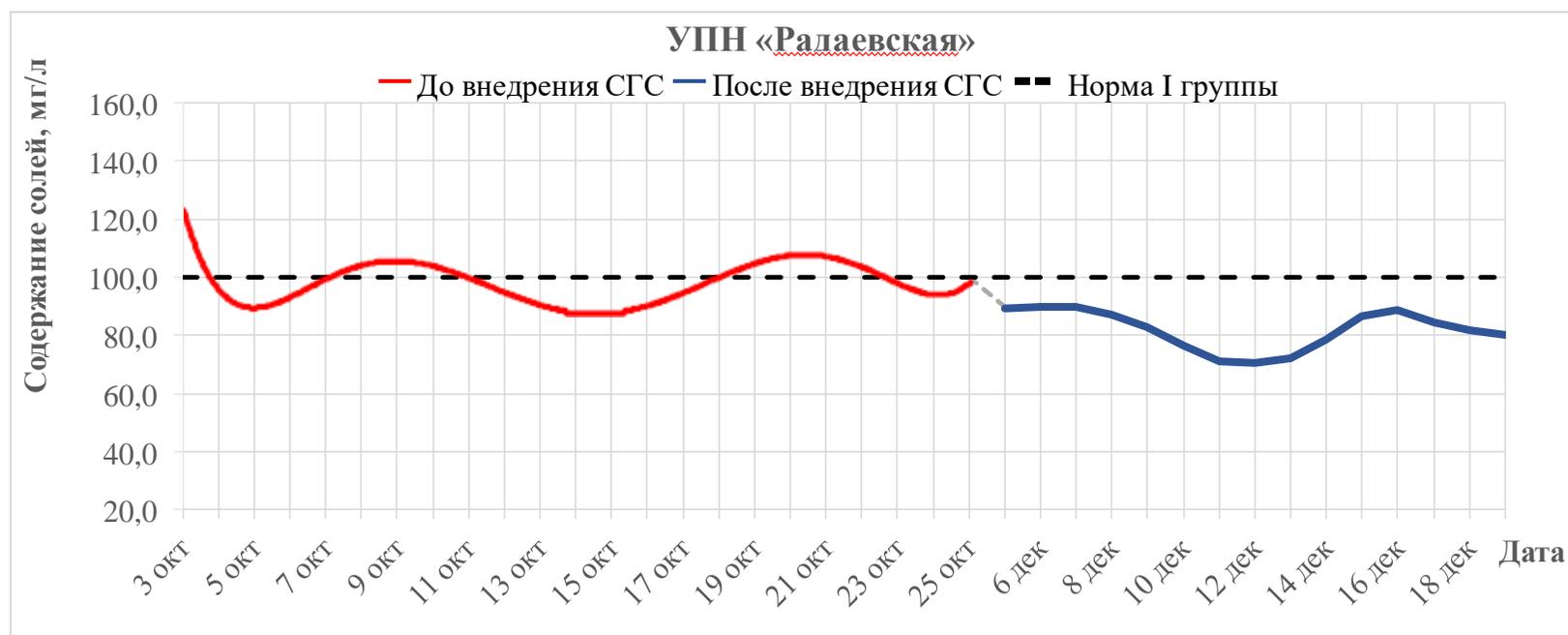


Рисунок 4.8– График изменения содержания хлористых солей

ОПИ СГС на УПН «Радаевская» ЦПН № 1 АО «Самаранефтегаз» при расходе нефти на обессоливание от 195 до 210 м³/ч, показали высокую эффективность в процессе перемешивания сырой нефти с промывочной водой. Это позволило стабилизировать работу установки подготовки нефти при различных режимах и качестве сырой нефти, снизить расход воды на обессоливание на 25%.



Рисунок 4.9 – Фото СГС на второй ступени обессоливания УПН «Радаевская»

4.3 Подготовка на УППН «Куеда» ЦДНГ №2, ООО «ЛУКОЙЛ-Пермь»

УППН «Куеда» расположена в Куединском районе, в южной части Пермского края на границе с Башкирией.

На УППН «Куеда» имеются два блока подготовки нефти – Куединский и Гожанские потоки:

–на Куединском потоке осуществляется подготовка нефти в количестве 230-270 м³/ч Красноярско-Куединского, Степановского, Гондыревского месторождений.

–на Гожанском потоке осуществляется подготовка нефти II группы, поступающей в количестве 250-300 м³/ч с Шагирто-Гожанского месторождения.

На рис. 4.10 приведена принципиальная схема блоков подготовки нефти.

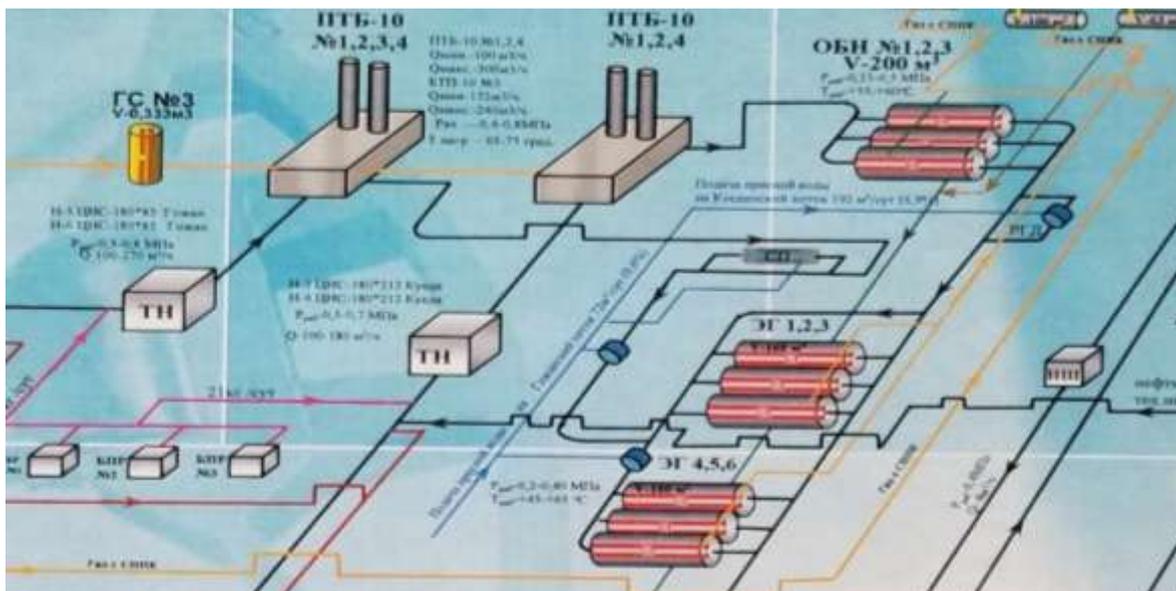


Рисунок 4.10– Принципиальная схема блоков подготовки нефти

В соответствии с согласованной программой был проведен технологический аудит работы УППН, в ходе которого проанализированы режимные параметры, качество сырой и товарной нефти.

Аудит показал, что использование СПВ на Гожанском потоке не позволяет стабильно получать обессоленную нефть, соответствующей первой группе. Содержание хлористых солей после ЭГ-4, ЭГ-5 и ЭГ-6 часто превышает 100 мг/л, остаточное содержание воды в нефти находится на грани допустимого значения, иногда превышает 0,5 % масс., что показывает недостаточную эффективность смесителя и при частом изменении качества сырой нефти в широких пределах в течение дня СПВ не обеспечивает требуемое качество обессоленной нефти при расходе пресной воды 2,9-3,2 масс. % на нефть.

Смесители УПОН и РГД на Куединском потоке при расходе пресной воды 1,8-3,5 масс. % также не обеспечивают стабильное качество товарной нефти. Кроме того, при использовании смесителя УПОН возникает необходимость использовать насос высокого давления (3,5 МПа) для подачи пресной воды. Электродвигатель данного насоса имеет мощность 30 кВт, что в два раза превышает мощность насоса «GRUNDFOST», используемого для подачи пресной

воды. Система трубопровода для воды и запорно-регулирующая арматура выполнена на давление не ниже 4,0 МПа, что приводит к увеличению металлоемкости. Для обеспечения заданной производительности потока необходимо иметь два параллельно работающих смесителя УПОН, со сложной системой трубопроводной обвязки, множеством запорно-регулирующей арматуры и системой фильтров тонкой очистки воды. Все это приводит к высоким капитальным затратам. Фильтры тонкой очистки и диспергаторы воды УПОН требуют постоянного обслуживания, что ведёт к дополнительным эксплуатационным затратам. Более того, эта система имеет большое гидравлическое сопротивление и по линии нефти, и по линии подачи пресной воды.

На основе аудита и показателей работы УППН до и после ОПИ составлены Таблицы 4.5, 4.6 с усреднёнными показаниями содержания солей и процентного содержания остаточной воды соответственно, по которым построены графики сравнения на Рисунке 4.11, 4.12.

Из графика видно, что содержание воды в нефти за период контроля при работе со смесителями УПОН, РГД, СПВ многократно в течение месяца превышало норму по первой группе. В период технологического аудита расход прессой воды на обессоливание составил 4,2-7,3 м³/ч.

Данные подтверждают нестабильную работу УПН из-за недостаточной эффективности используемых смесителей нефти с пресной водой.

Для проведения ОПИСГС с вихревым устройством и подтверждения эффективности их работы в процессе обессоливания нефти на потоках Куединская и Гожанская УППН «Куеда» при непостоянных технологических параметрах работы установки (в т.ч. состав сырой нефти, содержания солей и воды) на УППН «Куеда» ЦДНГ №2, были поставлены: смеситель СГС с вихревым устройством (нефть-вода) DN 300 PN16 Ст20 (исполнение через переходы с DN 300 на DN 200) для Гожанского потока нефти в количестве 1 шт. и смеситель СГС с вихревым устройством (нефть-вода) для Куединского потока нефти в исполнении DN 300 PN16 Ст20 в количестве 1 шт.

Таблица 4.5 – Сравнительные данные содержания солей до и после внедрения СГС на УППН «Куеда»

После ЭГ до внедрения СГС	Дата	1 мая	3 мая	5 мая	7 мая	9 мая	11 мая	13 мая	15 мая	18 мая	19 мая	24 мая	26 мая	28 мая	30 мая
	Объём солей, мг/л		95,0	106,7	83,7	92,0	77,3	85,0	80,7	96,3	109,7	95,0	102,3	94,7	95,3
После ЭГ при внедрении СГС	Дата	21 окт.	23 окт.	25 окт.	27 окт.	29 окт.	31 окт.	2 нбр.	4 нбр.	6 нбр.	8 нбр.	10 нбр.	12 нбр.	16 нбр.	18 нбр.
	Объём солей, мг/л		87,8	76,1	89,4	74,0	77,9	86,7	83,7	78,9	79,0	80,1	77,8	77,3	79,3



Рисунок 4.11 – Сравнительные графики содержания солей до и после внедрения СГС на УППН «Куеда»

Таблица 4.6 – Сравнительные данные содержания воды до и после внедрения СГС на УППН «Куеда»

После ЭГ до внедрения СГС	Дата	21 окт.	23 окт.	25 окт.	27 окт.	29 окт.	31 окт.	2 нбр.	4 нбр.	6 нбр.	8 нбр.	10 нбр.	12 нбр.	16 нбр.	18 нбр.
	Объём воды, %	0,57	0,60	0,45	0,47	0,47	0,53	0,47	0,52	0,50	0,53	0,53	0,5	0,47	0,5
После ЭГ при внедрении СГС	Дата	21 окт.	23 окт.	25 окт.	27 окт.	29 окт.	31 окт.	2 нбр.	4 нбр.	6 нбр.	8 нбр.	10 нбр.	12 нбр.	16 нбр.	18 нбр.
	Объём воды, %	0,36	0,4	0,23	0,3	0,27	0,4	0,33	0,33	0,37	0,3	0,37	0,3	0,33	0,37

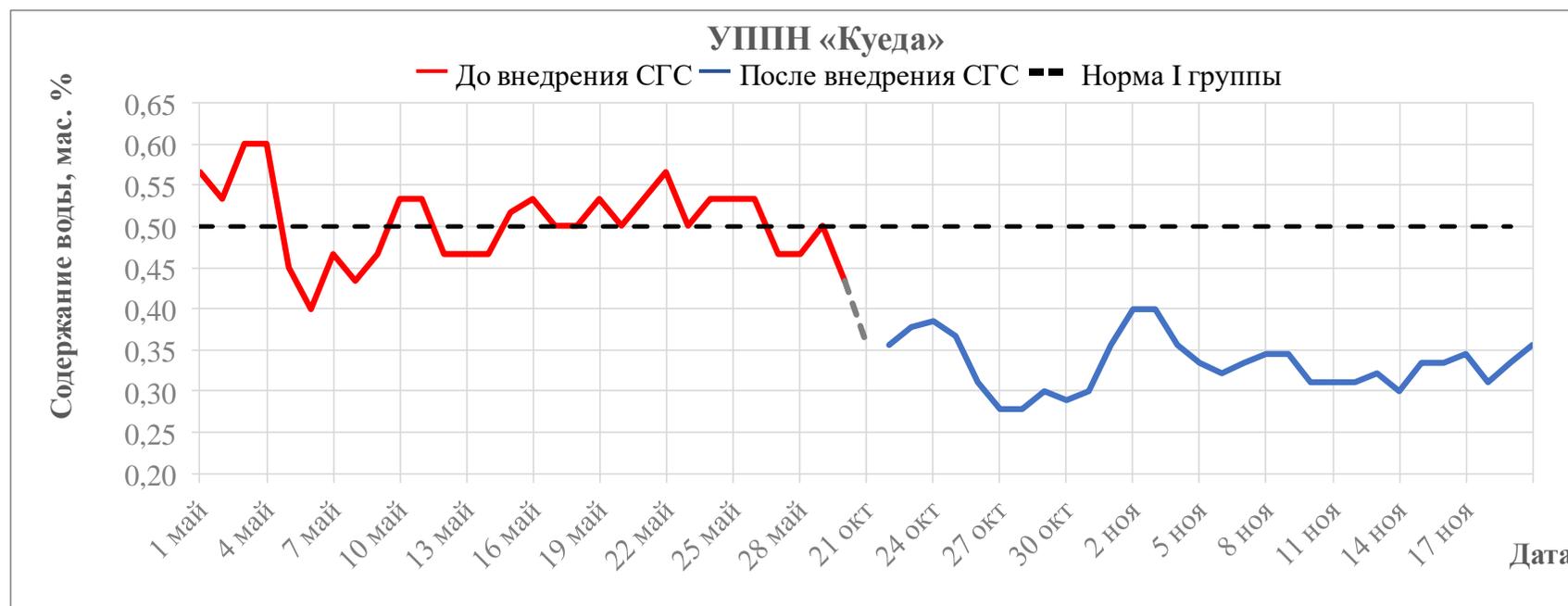


Рисунок 4.12 – Сравнительные графики содержания воды до и после внедрения СГС на УППН «Куеда»

СГС для Куединского потока был установлен на входном коллекторе перед ЭГ-1, ЭГ-2 и ЭГ-3 объемами по 200 м³ (Рисунок 4.13). Дата запуска смесителя – 16.10.2019. СГС для Гожанского потока был установлен на входном коллекторе ЭГ-4, ЭГ-5 и ЭГ-6 объемами по 200 м³. Дата предварительного запуска смесителя 14.10.2019, дата запуска на постоянную эксплуатацию 01.11.2019.



Рисунок 4.13 – Фото смесителя СГС на потоке «Куеда»

Анализ данных работы установки обессоливания нефти, показал, что внедрение смесителя СГС позволило стабильно получать товарную нефть после ЭГ-169, 271, 369 на Куединском потоке со среднесуточным содержанием хлористых солей 90-91 мг/л независимо от колебаний содержания солей в сырой нефти до входа на установку в широком диапазоне. Расход промывной воды на обессоливание составил 6,9-7,5 м³/ч, давление перед СГС 0,9-1,0 МПа. На Гожанском потоке за все время проведения ОПИ смесителя СГС среднесуточное содержание хлористых солей и остаточное содержание воды всегда

соответствовали требованиям первой группы, в то время как при использовании смесителя СПВ за октябрь 2019 г. качество обессоленной нефти на выходе из ЭГ-4, ЭГ-5 и ЭГ-6 неоднократно превышало допустимое значение. В сравнимый период расход прессой воды на обессоливание на смесители СГС и СПВ составлял 4,8-5,3 м³/ч. Данные графика на Рисунке 4.12 показывают, что среднесуточное содержание воды в нефти при работе установки обессоливания на обоих потоках со СГС значительно ниже в сравнении с другими смесителями.

4.4 Подготовка на УПН «Аксеновская» ЦПСН «Просвет» ТПП «РИТЭК- Самара-Нафта»

УПН «Аксеновская» находится на северо-востоке Самарской области на территории Кошкинского района и предназначена для подготовки нефти до требований первой группы качества. Сырьем для объекта является продукция скважин Аксеновского, Васильевского, Сборновского и Воздвиженского лицензионных участков. Производительность УПН составляет более 4000 тонн в сутки. В процессе проведения ОПИ установлено, что применение СГС позволяет эффективно проводить обессоливание нефти, поступающей на установку и стабильно получать товарную нефть с содержанием солей 50-60 мг/л и остаточным содержанием воды 0,09 % даже при изменении содержания хлористых солей в сырой нефти до 5-8 раз в течение суток в широком диапазоне (480-1060 мг/л). Во время проведения ОПИ расход пресной воды на обессоливание составил 3,0 и 1,9 м³/ч на первую и вторую ступени соответственно. Поступающая на УПН нефть характеризуется повышенным содержанием смол (8,5-15,2%) и асфальтенов (3,1-11,2%), высокой вязкостью (53,5-860,1 МПа·с) и плотностью (888,6-957,5 кг/м³).

Поэтому для предотвращения образования АСПО на стенках трубопроводов и оборудования на выходе жидкости из нефтегазовых сепараторов С-1, С-2 подается растворитель в количестве 150 г/т. Особенностью работы УПН «Аксеновская» является также нестабильный состав сырья, которое поступает с разных месторождений.

В ходе технологического аудита проанализированы режимные параметры работы УПН, качество нефти, поступающей на блок обессоливания и после второй ступени обессоливания (после ЭДГ-3 и ЭДГ-4) за май 2017 года.

Был проанализирован большой массив аналитических данных, полученных лабораторными исследованиями и основных режимных показателей. Для наглядности информации при построении графиков использованы среднесуточные усредненные показатели.

В ходе проведения технологического аудита было установлено, что работа установки по существующей технологии с использованием СПВ-200 не обеспечивала стабильное получение товарной нефти требованиям первой группы. Среднесуточное содержание хлористых солей в нефти после второй ступени обессоливания (ЭДГ-3, ЭДГ-4) составляло 104-207 мг/л. При этом средний расход пресной воды на обессоливание составлял – 11,5 м³/ч, расход деэмульгатора – 62-90 г/т, расход растворителя АСПО – 150-200 г/т. При этом расходы деэмульгатора и растворителя АСПО также часто превышали установленные нормы.

Для обеспечения стабильного качества подготовки нефти, в соответствии с требованиями ГОСТ Р 51858-2002, 20.09.17 были установлены два СГС DN 250 на входном коллекторе 1-ой ступени обессоливания перед ЭДГ-1, ЭДГ-2 и на входном коллекторе 2-ой ступени обессоливания перед ЭДГ-3, ЭДГ-4 (Рисунок 4.14).

В ходе проведения ОПИ анализировались режимные параметры работы установки, осуществлялся отбор проб и определялись концентрации хлористых солей и содержание остаточной воды в нефти. ОПИ СГС проводилось в два этапа. На первом этапе с 20.09.17. по 23.10.17 испытания провели с подачей пресной воды на каждый смеситель в среднем 8,5 м³/ч. При этом за счет подбора оптимальных режимов удалось добиться стабильной бесперебойной работы блока подготовки нефти и довести показатели качества подготовленной нефти до требуемых норм (содержание хлористых солей менее 100 мг/л).



а)



б)

Рисунок 4.14– Фотографии СГС – а) первой ступени, – б) второй ступени

По данным, полученным в результате аудита и в ходе ОПИ, составлена Таблица 4.7 и построен график изменения содержания хлористых солей на Рисунке 4.15.

Для нейтрализации сернистых соединений и диоксида углерода, в поток нефти после сепараторов КСУ-1,2 из блока дозировки реагентов (БДР-7,8) вводится поглотитель сероводорода и меркаптанов (реагент марки «ТХП Destrosulf марки А» или «Реагент ПС» в количестве 1950 и 1100 г/т соответственно).

Данные аналитического контроля содержания сероводорода в товарной нефти и после ЭДГ-3, 4 за период с 01.12.2019 по 20.12.2019 приведены в Таблице 4.8 по которым составлен график на Рисунке 4.16. Анализ графика показывает, что на УПН «Аксеновская» ЦПСН «Просвет» не обеспечивается содержание сероводорода в товарной нефти менее 20 ppm, согласно требованиям технического регламента ТР ЕАЭС 045/2017 для передачи нефти на транспортировку магистральным трубопроводом или переработку [183].

Таблица 4.7 – Сравнительные данные содержания солей до и после внедрения СГС на УППН «Аксеновская»

На ЭДГ-4 до внедрения СГС	Дата	3 мая	5 мая	9 мая	11 мая	15 мая	17 мая	19 мая	23 мая	24 мая	25 мая	26 мая	29 мая	30 мая	31 мая
	Объём солей, мг/л	175,7	133,0	193,7	174,3	105,0	182,0	178,7	176,7	148,7	110,3	99,0	109,7	137,7	131,3
На ЭДГ-4 после внедрения СГС	Дата	2 нбр.	4 нбр.	6 нбр.	8 нбр.	9 нбр.	10 нбр.	13 нбр.	19 нбр.	20 нбр.	21 нбр.	24 нбр.	28 нбр.	30 нбр.	4 дек.
	Объём солей, мг/л	84,5	82,5	86,5	81,4	85,8	76,7	96,1	73,7	68,3	68,2	81,5	75,9	91,9	91,0

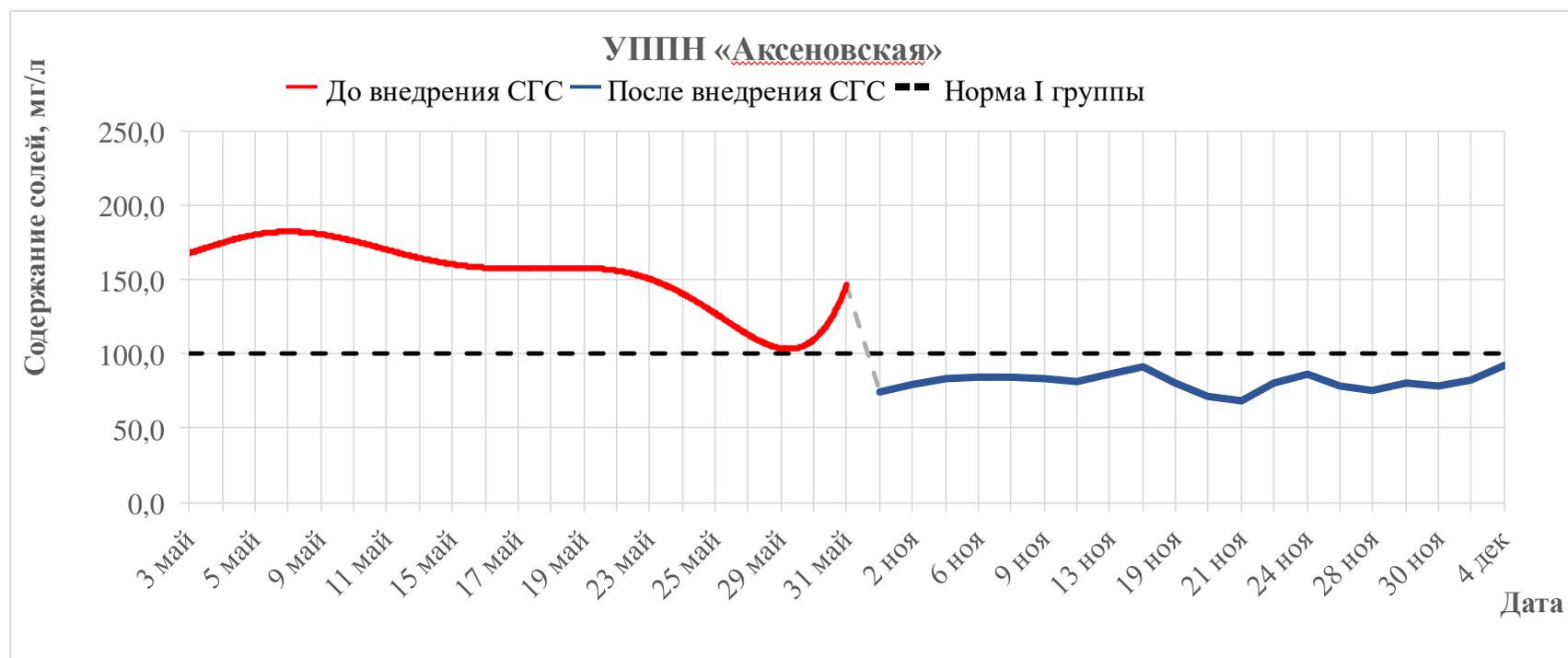


Рисунок 4.15– График изменения содержания хлористых солей на УППН «Аксеновская»

Таблица 4.8 – Сравнительные данные содержания сероводорода до и после внедрения СГС на УППН «Аксеновка»

После СИКН до внедрения СГС	Дата	9 дек.	10 дек.	11 дек.	12 дек.	13 дек.	15 дек.	17 дек.	19 дек.	21 дек.	23 дек.	24 дек.	25 дек.	26 дек.	27 дек.
	Объём сероводорода, ppm	45	43	38	25	27	53	142	32	33	68	52	53	58	57
После СИКН после внедрения СГС	Дата	28 дек.	29 дек.	30 дек.	31 дек.	2 янв.	4 янв.	6 янв.	8 янв.	10 янв.	12 янв.	14 янв.	16 янв.	18 янв.	19 янв.
	Объём сероводорода, ppm	16,2	16,2	19,6	19,6	19,6	19,6	19,6	19,6	19,2	19,2	19,2	19,2	19,2	18,3

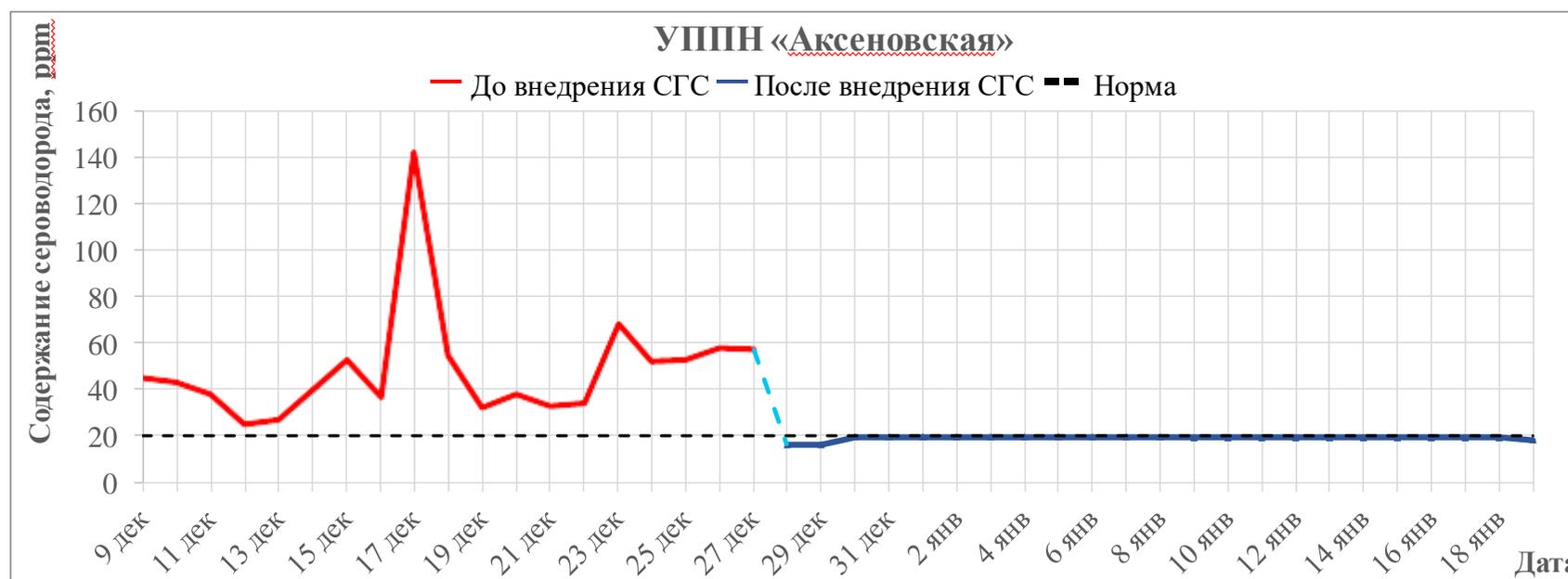


Рисунок 4.16 – График изменения содержания сероводорода в нефти за период с 09.12.19 по 19.01.20

Высокий расход реагента и содержание сероводорода в товарной нефти объясняется неэффективностью смешения нейтрализатора и нефти по существующей технологии.

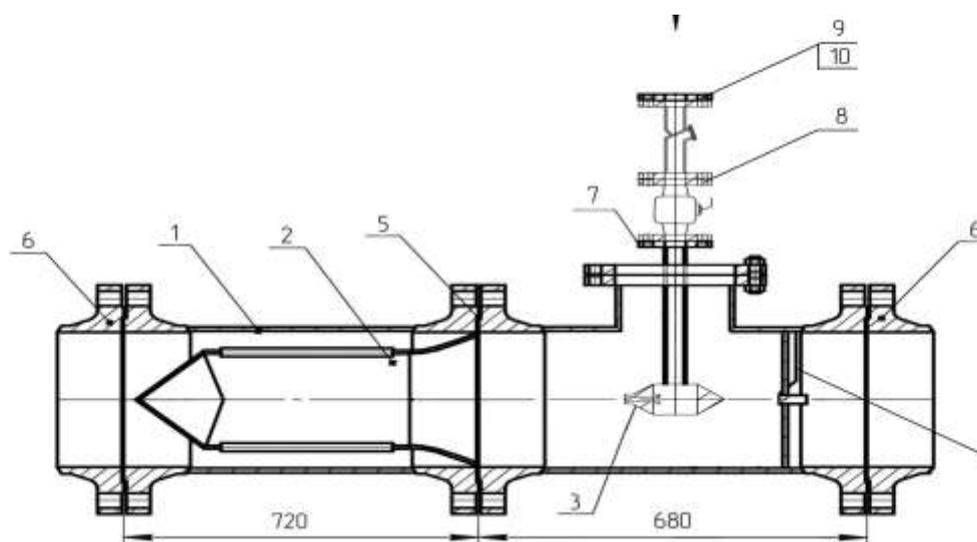
С целью повышения эффективности процесса смешения нефти с реагентом – поглотителем сероводорода для обеспечения качества товарной нефти в соответствии с требованиями, внедрили высокоэффективные СГС (нефть-реагент).

Было принято решение, смонтировать СГС (нефть-реагент) на байпасной линии выходного коллектора на верхней монтажной площадке сепараторов нефти КСУ-1, 2. Такой вариант позволял монтировать смеситель без остановки установки. Перепад высоты между смесителем и верхним уровнем жидкости в сепараторах нефти составлял всего 2,5-2,8 м, то есть развиваемое гидростатическое давление на входе в смеситель составлял всего 0,022-0,024 МПа. Многочисленными ОПИ СГС для подготовки нефти было установлено, что при эффективной закрутке нефти в завихрителе и турбулизации потока, перепад давления в смесителе составляет 0,020-0,025 МПа, следовательно, необходимый подпор давления потока нефти на входе в смеситель должен составлять не менее 0,04-0,05 МПа. С учетом этих особенностей был спроектирован и изготовлен СГС, способный эффективно смешивать нефть с поглотителем сероводорода при достаточно низком подпоре потока нефти перед смесителем.

СГС DN 300 для смешивания нефти с реагентом в количестве 1 шт. был установлен 19.12.2019 на выходном коллекторе с КСУ без остановки работы УПН.

На Рисунке 4.16 приведены графики изменения содержания сероводорода в обессоленной нефти после ЭДГ-3,4 и в товарной нефти при смешении поглотителя сероводорода на существующем смесителе и после внедрения СГС.

На Рисунке 4.17 приведена принципиальная схема подключения и конструкция, на Рисунке 4.18 – фото смонтированного смесителя. ОПИ СГС (нефть-реагент) проведено с 20.12.2019 по 15.02.2020.



1 – корпус СГС; 2 – завихритель нефти; 3 – завихритель воды; 4, 5, 6 – фланцы;
7 – трубопровод подачи воды; 8 – шаровый кран; 9 – фильтр

Рис. 4.17 – Принципиальная схема и конструкция СГС (нефть-реагент)



Рисунок 4.18– Фото смесителя для поглотителя сероводорода

Анализ данных аналитического контроля нефти и характера изменения кривых на Рисунке 4.16 показывает, что содержание сероводорода в обессоленной нефти после ЭДГ-3,4 часто меняется (от 122 до 215 ppm).

При подаче 1000-1440 г/т поглотителя сероводорода «Реагент-ПС» и использовании существующего смесителя, содержание сероводорода в товарной нефти составляет в среднем 25-60 ppm, и не соответствует требованиям технического регламента (менее 20 ppm). После внедрения смесителя СГС

удалось снизить количество реагента до 950-1190 г/т, содержание сероводорода товарной нефти составило 14-19 ppm.

Таким образом, использование СГС позволило уменьшить расход поглотителя сероводорода на 5,0-17,4% и получить товарную нефть с содержанием сероводорода менее 20 ppm, соответствующий требованиям технологического регламента.

4.5 Данные внедрения СГС в ПАО «Татнефть»

ОПИ СГС были проведены на объектах подготовки нефти ПАО «Татнефть» согласно утвержденной программе от 22.01.2016г. с целью анализа эффективности их работы при обессоливании нефти в промысловых условиях (постоянно меняющегося качества нефти, содержания солей и воды).

В ходе проведения ОПИ в течение трех лет научно-внедренческая фирма ООО «НТ-Центр» изготовила СГС (нефть-вода) для обессоливания нефти в количестве 30 шт. и поставила их для усовершенствования технологии подготовки нефти 14 установок на 8 НГДУ. Совместно с работниками НГДУ и ответственными исполнителями программы (генеральный директор «НТ-Центр», д. т. н., профессор Галиакбаров В.Ф.; д. т. н., профессор кафедры технологии нефти и газа УГНТУ Сидоров Г.М и зам. генерального директора «НТ-Центр» по производству Яхин Б.А.) СГС были установлены перед отстойниками нефти или перед ЭДГ.

Результаты проведения ОПИ показали, что применение СГС позволяет эффективно проводить процесс обессоливания и стабильно получать товарную нефть, с содержанием хлористых солей 45-80 мг/л даже при их изменении в сырой нефти в широком диапазоне (до 5-8 раз) в течение суток, а также снизить удельный расход пресной воды на обессоливание нефти более чем в два раза (с 2,7 до 1,3% на нефть).

В Таблице 4.9 приведены сводные данные внедрения СГС в ПАО «Татнефть», основные режимные показатели работы УПН и СИЖН.

Таблица 4.9– Данные внедрения СГС на ПАО «Татнефть»

	Место установки		Кол-во, шт.	Расход нефти в смеситель, м ³ /час	Расход воды на обессоливание, м ³ /час		Содержание солей в нефти (в сырье), мг/л	Содержание солей в товарной нефти, мг/л		Содержание воды в товарной нефти, %	
					До внедрения СГС	После внедрения СГС		До внедрения СГС	После внедрения СГС	До внедрения СГС	После внедрения СГС
1	НГДУ «Бавлынефть»	УПН	3	135-145	4,5-5,5	4,0-4,6	145-2750	48-74	25-50	0,18-0,24	0,06-0,12
2	НГДУ «Альметьевскнефть»	Минибаевский ЦПС	1	132-158	2,0-3,1	1,6-2,0	140-250	82-87	65-75	0,25-0,30	0,15-0,20
3	НГДУ «Лениногорскнефть»	Кама-Исмагиловская УПВСН	2	120-162	2,5-4,0	1,5-2,0	155-360	58-65	50-55	0,09-0,15	0,07-0,15
4	НГДУ «Анакаевскнефть»	УКПН	2	190-230	4,5-6,5	2,5-3,0	365-1350	24-52	23-36	0,03-0,06	0,03-0,06
5	НДУ «Джалильнефть»	Сулеевская ТХУ ЦКППН-1	6	80-85	4,0-5,0	2,5-3,0	120-160	65-85	50-55	0,08-0,11	0,06-0,0
		Якеевская УКПН	1	400-425	4,5-6,0	3,0-4,0	70-170	25-30	21-25	0,08	0,06-0,08
6	НГДУ «Елховнефть»	Акташский ЦКППН УПВСН	1	230-240	2,0-4,0	2,0-3,5	3340-4300	66-88	60-65	0,06-0,08	0,06-0,07
		Кичуйский УПВСН	3	250-255	4,5 -5,5	2,0-2,5	87-105	76-90	55-70	0,09-0,10	0,09
		Кичуйский ТХУ	2	125-165	8,5-11,0	4,5-5,5	90-165	26-68	16-35	0,38-0,45	0,09
7	НГДУ «Нурлатнефть»	УПВСН-1 «Андреевка»	2	160-180	2,5-3,5	1,9-2,3	148-482	53-77	53-65	0,24-0,30	0,18-0,21
		УПВСН «Кутема»	4	120-150	4,0-4,5	3,03-3,5	258-1728	55-96	55-70	0,12-0,18	0,12-0,15
8	НГДУ «Ямашнефть»	УПВСН	1	310-315	6,0-11,0	7,0-8,0	1800-8600	56-80	57-75	0,25-0,30	0,07-0,11
9	НГДУ «Прикамнефть»	ЦППН-2 Ново-Суксинской УПВСН	2	56-103	3,4-4,98	4,8-4,9	640-2001	103-180	49-83	0,24	0,09

Разработанные струйные гидравлические смесителя с вихревыми устройствами обладают существенными преимуществами по сравнению с отечественными и зарубежными аналогами:

- высокая эффективность смешивания;
- простота в монтаже и в обслуживании;
- долгий срок службы;
- отсутствие подвижных, вращающихся частей, вызывающих вибрации;
- малое гидравлическое сопротивление;
- не требуется подвод электроэнергии.

Смесители успешно прошли широкомасштабные опытно-промышленные испытания на установках промысловой подготовки нефти и на ЭЛОУ НПЗ.

За 1999-2021гг. внедрены более 100 инновационных смесителей с вихревыми устройствами на объектах нефтедобычи и нефтепереработки 12 крупных предприятий топливно-энергетического комплекса России: ООО «ЛУКОЙЛ-Пермь»; ТПП «РИТЭК-Самара-Нафта»; ПАО «Татнефть»; ОАО «Уфимский НПЗ»; ОАО «Уфанефтехим»; ОАО «Татойлгаз»; АО «Газпромнефть-ОНПЗ»; АО «Газпромнефть-МНПЗ»; ОАО «Газпром Нефтехим Салават», ОАО «Лукойл-Нефтохим-Бургаз» в Болгарии; ОАО «Орский НПЗ, ПАО НК «Русснефть». Смесители показали высокую эффективность работы [120, 139, 140] и обеспечили гарантированное получение товарной нефти, соответствующую требованиям ГОСТ Р 51858-2002 при изменении режимных параметров работы УПН, ЭЛОУ и содержания хлористых солей в нефти широком диапазоне. Достоверность внедрения и полученных результатов подтверждена актами, протоколами научно-технического совета и отзывами (в приложении).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основе анализа литературных данных существующего состояния технологии и техники промысловой подготовки нефти и исследований процессов обезвоживания и обессоливания нефти соискателем установлено, что основным недостатком в процессе обессоливания нефти с помощью подачи промывочной воды в используемых смесителях является недостаточное смешивание потоков. В результате проведенного автором технологического аудита более 30 УПН ведущих нефтяных компаний России выявлено, что используемые на установках устройства смешения нефтеэмульсии с пресной водой и реагентами работают с недостаточной эффективностью.

2. Получены результаты, позволяющие составить научное обоснование улучшения технологии глубокого обезвоживания и обессоливания нефти:

– установлена зависимость изменения степени турбулизации потока нефти, а также диспергации воды путём конструирования в смесителях закручивающего устройства (завихрителя нефти), влияющие на процесс отделения воды из нефтеэмульсии;

– установлена зависимость изменения кинетической энергии турбулизации потока и интенсивности смешивания нефтеэмульсии и промывочной воды от соотношения длины к ширине тангенциальных отверстий закручивающего устройства (завихрителя нефти): с увеличением соотношения сторон прямоугольных прорезей закручивающего устройства нефти с 2-х до 5-ти кинетическая энергия турбулизации увеличивается на 57,5 %, при увеличении до 10-ти – повышается в 2,65 раза.

3. Методом CFD-анализа выявлены оптимальные геометрические размеры тангенциальных отверстий закручивающего устройства (завихрителя нефти) в струйных гидравлических смесителях. Оптимальные соотношения длины к ширине отверстия закручивающего устройства, находятся в диапазоне от 7 до 10.

4. Разработаны усовершенствованные струйные гидравлические смесители с вихревым устройством позволяющие повысить степень обессоливания до 95% и существенно сэкономить ресурсы на промысловой подготовке нефти.

5. В период с 1999 по 2021 год внедрены более 100 струйных смесителей с вихревым устройством. С применением данных смесителей успешно проведены опытно-промышленные испытания на 32 установках подготовки нефти 12 крупных предприятий топливно-энергетического комплекса России. Усовершенствованные струйные гидравлические смесители с вихревым устройством показали высокую эффективность обессоливания в сравнении с известными российскими и зарубежными аналогами. Применение смесителей СГС с вихревым устройством позволяет эффективно проводить процесс обессоливания и обеспечивает гарантированное получение товарной нефти, соответствующую качеству в требованиям ГОСТ Р 51858-2002. Достигнуто снижение расхода пресной воды до 40% от существующих норм расходов, снижен удельный расход реагентов на 12-15 %, удельные энергозатраты на 7-10%.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

- CFD – Computational fluid dynamics
- АСПО – асфальто-смоло-парафиновые отложения
- БДР – блок дозирования реагента
- ЗКЛ – задвижка клиновидная литая
- КСУ – конечная сепарационная установка
- НГДУ – нефтегазодобывающее управление
- НПЗ – нефтеперерабатывающий завод
- ОПИ – опытно-промышленное испытание
- ПАВ – поверхностно-активные вещества
- СИКН – система измерения количества и показателей качества нефти
- СГС – струйный гидродинамический смеситель
- СПВ – смеситель пресной воды
- ТР – технический регламент
- УПВСН – установка подготовки высокосернистой нефти
- УПН – установка подготовки нефти
- УПОН – установка поточного обессоливания нефти
- УППН – установка подготовки перекачки нефти
- ЦДНГ – цех добычи нефти и газа
- ЦПН – цех подготовки нефти
- ЦПСН – центральный пункт сбора нефти
- ЭГ (ЭДГ) – электродегидратор
- ЭЛОУ – электрообессоливающая установка

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кондрашева Н.К. К вопросу о предварительной подготовке нефти к первичной переработке / Н.К. Кондрашева, О.А. Дубовиков, И.И. Иванов, О.В. Зырянова // Записки Горного института. – 2014. – Т.201. – С. 21-29.
2. Муслимов Р.Х. Нефтегазобезопасность республики Татарстан: монография: в 2 т. / Р.Х. Муслимов, Р.Г. Абдулмазитов, Р.Б. Хисамов, Л.М. Миронова, Н.С. Гатиятуллин и др.; под общ. ред. Р.Х. Муслимова. – Казань: Изд-во «Фэн», 2007.– 2 т.– 524 с.
3. Джалилова С.Н. Исследование и корректировка технологических режимов процессов подготовки нефтяного сырья / С.Н. Джалилова, Н.В. Ушева, В.И. Ерофеев // Успехи современного естествознания. – 2017. – № 4. – С. 19-23.
4. Тронов В.П. Промысловая подготовка нефти: монография / В.П. Тронов. – Казань: Изд-во «Фэн», 2000. – 416 с.
5. Фахретдинов Р.Р. Совершенствование технологии предварительного обезвоживания нефти на промыслах: дисс. Д 520.024.01, канд. техн. наук: 25.00.17 / Р.Р. Фахретдинов. – Уфа, 2003. – 144 с.
6. Анисимов П.А. Модернизация установки для обезвоживания высокообводненных нефтей на Красноярском месторождении / П.А. Анисимов, В.М. Нарушев, Л.Н. и др. // Нефтяное хозяйство. – 2000. – №1. – С. 57-60.
7. Патент 2146549 Российская Федерация, МПК В01D17/00. Установка обезвоживания и обессоливания нефти// А.М. Зобов, А.А. Мелинг, Л.И. Шпилевская и др.; заявитель и патентообладатель А.М. Зобов, Л.И. Шпилевская. - № 99118029/12; заявл. 24.08.1999; опубл. 20.03.2000.
8. Фахретдинов Р.Р. Подготовка высоковязких нефтей на промыслах НГДУ «Чернушка-нефть» ООО «Лукойл-Пермнефть» на примере Москудынского месторождения / Р.Р. Фахретдинов, М.В. Голубев, Ф.Д. Шайдуллин, И.Р. Кутушев // Башнипнефть. – 2000. – Вып. 103. – С. 266-270.
9. Дунюшкин И.И. Сбор и подготовка скважинной продукции нефтяных месторождений /И.И Дунюшкин. –М.: РГУ Нефти и газа им. Губкина, 2006.–320 с

10. Патент 2174856 Российская Федерация, МПК В01D17/00. Аппарат для разделения эмульсий //Г.Л. Пахотин., Л.Г. Пахотин, К.Г. Пахотин, Л.Ф. Пахотина; заявитель и патентообладатель ООО Научно-производственная фирма «Геллек». - № 2000124298/12; заявл. 27.09.2000; опубл. 20.10.2001.

11. Жолобова Г.Н. Совершенствование процессов подготовки нефти / Г.Н. Жолобова, Е.М. Хисаева, А.А. Сулейманов, В.Ф. Галиакбаров // Нефтегазовое дело. –2010. – № 1. – С. 76-83.

12. Магарил Р.З. Вопросы подготовки нефти /Р.З. Магарил, А.Д. Кораблев // Химия и технология переработки нефти и газа. – 2010. – № 3. – С. 90-93.

13. Машкова Е.Г. Система обезвоживания и обессоливания / Е.Г. Машкова, М.И. Юсупова // Наука и современность– 2017. Сборник материалов II Международной научно-практической конференции. – 2017. – С. 137-142.

14. Новикова Т.В. Исследование процессов обезвоживания и обессоливания при промысловой подготовке нефти / Труды XVI Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 110-летию со дня основания горно-геологического образования в Сибири, 2012. – С. 235-236.

15. Козьмина Е.Д. Основные методы обессоливания нефти / Е.Д. Козьмина // Современные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации сборник статей победителей III Международной научно-практической конференции. –2017. – С. 29-30.

16. Хафизов Н.Н. Разработка технологии обессоливания нефти на промыслах: дисс. 222.002.01 канд. техн. наук: 25.00.17 / Н. Н. Хафизов. – Уфа, 2009. – 143 с.

17. Байваровская Ю.В. Влияние механических примесей на процесс подготовки нефти / Ю.В. Байваровская, Е.И. Гординский, Л.М. Шипигузов // Нефтепромысловое дело. – 2013. – №7. – С. 18-19.

18. Бергштейн Н.В. Совершенствование процесса обессоливание на ЭЛОУ НПЗ / Н.В. Бергштейн, Ф.М. Хуторянский, Д.Н. Левченко // Химия и технология топлив и масел. –1983. – № 1. – С. 8-14.

19. Волков А.А. К вопросу разрушения стабильных водонефтяных эмульсий / А.А. Волков, В.Д. Балашова, О.Ю. Коновальчук // Нефтепромысловое дело. – 2013. – № 5. – С. 40-42.

20. Хамидуллин Р.Ф. Оценка количественного содержания дисперсных частиц – как стабилизаторов нефтяной эмульсии (суспензии) / Р.Ф. Хамидуллин, Р.Х. Мингазов, М.Р. Хамиди, Р.М. Фатхутдинова, И.К. Киямов, Ф.Ф. Хамидуллина, Э.Х. Харлампиди // Вестник Казанского Технологического Университета. – 2013. – № 22. – С. 281-286.

21. Цыганов Д.Г. Композиционные составы для процессов подготовки устойчивых промысловых эмульсий: дисс.Д.212.080.05; канд. техн. наук: 02.00.13 / Д.Г. Цыганов– Казань, 2017. – 182 с.

22. Волков А.А. К вопросу разрушения стабильных водонефтяных эмульсий / А.А. Волков, В.Д. Балашова, О.Ю. Коновальчук // Нефтепромысловое дело. – 2013. – № 5. – С. 40-42.

23. Хамидуллин Р.Ф. Физико-химические основы и технология подготовки высоковязких нефтей: дисс. 71:04-5/25-4; док. техн. наук: 02.00.11 / Р.Ф.Хамидуллин. – Казань, 2002. – 363 с.

24. Нгуен В. Т. Совершенствование технологических процессов обезвоживания и обессоливания нефти с позиций системного подхода: дисс.канд.техн. наук: 05.13.01 / В. Т. Нгуен– М., 2004. – 164 с.

25. Шibaева О.Н. Разработка способов разрушения водных эмульсий высоковязких нефтей: дисс. Д212.204.03; канд. техн. наук: 02.00.13 / О.Н. Шibaева. – Казань, 2004. – 136 с.

26. Патент 1715824 СССР, МПК С10G33/04. Способ обезвоживания и обессоливания нефти// Р.Ф. Хамидуллин, Ф.Ф. Хамидуллин, В.П. Тронов и др.; заявитель и патентообладатель ТатНИПИНЕФТЬ. - № 4762772 заявл. 28.11.1989; опубл. 28.02.1992, Бюлл. №.8

27. Судыкин С.Н. Совершенствование технологий обезвоживания тяжелых нефтей пермской системы Республики Татарстан: диссертант, канд. техн. наук: 25.00.17 / С.Н. Судыкин – Бугульма, 2011. – 183 с.

28. Марушкин А.Б. Метод оценки кинетической устойчивости нефтяных дисперсных систем / А.Б. Марушкин, А.К. Курочкин, Р.Н. Гимаев // Химия и технология топлив и масел. – 1985. – № 6. – С.11.
29. Лутошкин Г.С. Сборник задач по сбору и подготовке нефти, газа и воды на промыслах / Г.С. Лутошкин, И.И. Дунюшкин. – М.: Недра, 1985. – 135 с.
30. Логинов В.И. Расчет процесса обезвоживания нефтей / В.И. Логинов, Е.Я. Лапина, И.И. Дунюшкин // Нефтяное хозяйство. – 1991. – № 7. – С. 30–32.
31. Сурков В.Г. Механохимические превращения высокомолекулярных компонентов нефтяной эмульсии / В.Г. Сурков, В.В. Савельев, А.К. Головкин // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 8. – С. 483-485.
32. Садриев А.Р. Исследование и интенсификация технологических процессов обезвоживания нефти с применением физико-химических методов: диссертант канд. техн. наук: 25.00.17 / А.Р. Садриев. – М., 2010. – 164 с.
33. Саттарова Э.Д. Подбор реагентов-деэмульгаторов для глубокого обессоливания нефти / Э.Д. Саттарова, Р.Р. Фазулзянов, А.А. Елпидинский, А.А. Гречухина // Вестник Казанского технологического университета. – 2011. – № 10. – С. 165-168.
34. Эшметов Р.Ж. Интенсификация процесса разрушения устойчивых водонефтяных эмульсий с использованием полифункциональных ПАВ / Р.Ж. Эшметов // Universum: технические науки. – 2018. – № 2 (44). – С. 7-10.
35. Сладовская О.Ю. Современные реагенты-деэмульгаторы для разрушения водонефтяных эмульсий / О.Ю. Сладовская, С.И. Отажонов, Л.А. Галина, А.Г. Сладовский // Вестник технологического университета. – 2018. – Т.21. – № 2. – С. 49-53.
36. Исмаилов Ф.С. Новый композиционный деэмульгатор для подготовки нефти / Ф.С. Исмаилов // Нефтепромысловое дело, 2010. – № 9. – С. 27-30.
37. Саттарова Э.Д. Разработка композиционных составов для глубокого обессоливания нефти / Э.Д. Саттарова, С.Е. Плохова, А.А. Елпидинский,

А.А. Гречухина // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – С. 233-235.

38. Ахмадова Х.Х. История разработки и применения деэмульгаторов при добыче и подготовке нефтей к переработке / Х.Х. Ахмадова, М.А. Такаева, М.А. Мусаева, А.М. Сыркин // Нефтегазовое дело. – 2015. – № 1. – С. 27-34.

39. Фазулзянова Р.Р. Применение реагентов на установках первичной переработки нефти / Р.Р. Фазулзянова, А.А. Епидинский, А.А. Гречухина, Н.Ю. Башкирцева // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – Т. 16. – № 6. – С. 192-195.

40. Фазулзянова Р.Р. Исследование деэмульгирующих и поверхностных свойств композиционных реагентов для нефтепромыслов / Р.Р. Фазулзянова, А.А. Епидинский, А.А. Гречуха // Вестник Казанского технологического университета. – 2011. – № 10. – С. 169-172.

41. Рябова В.И. Исследование эффективности реагентов для проведения деэмульсации водонефтяных эмульсий. Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов / В.И. Рябова, А.К. Филатов, Б.А. Яхин, В.А. Антипов, Г.М. Сидоров. – 2017. – № 2. – С. 48-54.

42. Грохотова Е.В. Исследование способов обезвоживания нефти Калининградской области / Е.В. Грохотова, Н.М. Мухина, Г.М. Сидоров // Сетевое издание «Нефтегазовое дело». – 2019. № 3. – С.251-267.

43. Такаева М.А. Становление и развитие процесса подготовки нефтей на грозненских НПЗ: дисс. Д212.289.01; канд. техн. наук: 07.00.10, 02.00.13 / М.А. Такаева. – Уфа. – 2018. – 189 с.

44. Грохотова Е.В. Исследование возможностей обезвоживания нефти Калининградской области / Е.В. Грохотова, Н.М. Мухина, Г.М. Сидоров // Башкирский химический журнал. – 2019. – Том 26. – №2. – С. 86-89.

45. Степанова Т.В., Чернышева Е.А., Кожевникова Ю.В. Влияние деэмульгаторов, используемых при подготовке нефти, на процесс ее переработки / Т.В. Степанова, Е.А. Чернышева, Ю.В. Кожевникова // Технология нефти и газа. – 2005. – №3. – С. 14-19.

46. Blow D.M. Structure and mechanism of chymotrypsin / D.M. Blow // *Acc. Chem. Res.* 9. – 1976. – 145-152 p.

47. Байков И.Р. Оптимизация режима деэмульсации в промышленной подготовке нефти / И.Р. Байков, О.В. Смородова, С.В. Китаев, И.С. Еримлин // *Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений.* – 2018. – №5 (115). – С. 57-68.

48. Гладкий Е.А. Оценка эффективности широко применяемых реагентов-деэмульгаторов для обезвоживания нефти термохимическим способом / Е.А. Гладкий, А.Ф. Кемалов, В.И. Гайнуллин, Т.С. Бажиров // *Экспозиция «Нефть-Газ».* – 2015. – С. 18-20.

49. Рзаев Аб. Г. Исследование механизмов коалесценции капель дисперсной фазы и расслоения нефтяных эмульсий / Аб. Г. Рзаев, И.А. Нуриева, С.Р. Расулов // *Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса.* – 2016 – № 4. – С. 64-67.

50. Плохова С.Е. Изучение моющих ПАВ на деэмульгирующую эффективность неионогенных ПАВ / С.Е. Плохова, А.А. Елидинский // *Вестник Казанского технологического университета.* – 2013. – Т. 16 – № 10. – С. 271-272.

51. Сахабутдинов Р.З. Особенности формирования и разрушения водонефтяных эмульсий на поздней стадии разработки нефтяных месторождений / Р.З. Сахабутдинов, Ф.Р. Губайдуллин, И.Х. Исмагилов, Т.Ф. Космачев – М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2005. – 324 с.

52. Верховых А.А. Исследование магнитного поля в процессе обессоливания нефти/А.А. Верховых, Т. Адемувагун, А.А. Елидинский, Н.С. Гараева, // *Вестник технологического университета.* –2017 –Т.20. –№ 4. –С. 24-26.

53. Смирнов Ю.Г. Математическая модель комбинированного воздействия электрического и магнитного полей на нефтяные эмульсии / Ю.Г. Смирнов, И.С. Баткин // *Ресурсы Европейского Севера. Технологии и экономика освоения.* – 2016 – № 2. – С. 63-70.

54. Верховых А.А. Интенсификация процесса обезвоживания нефти комплексным физическим воздействием / А.А. Верховых, А.М. Ермеев,

А.А. Елпидинский // Вестник технологического университета. – 2015. – Т.18. – № 17. – С. 58-59.

55. Шайхулов А.М. Влияние магнитного поля на деэмульсацию водонефтяной эмульсии пласта А₄ Киенгопского месторождения / А.М. Шайхулов, А.А. Бойчук, В.А. Докичев и др.//Нефтегазовое дело.– 2014.-Т.12.- № 1.–С.141-148

56. Ахияров Р.Ж. Повышение эффективности деэмульсации водонефтяных сред путем их магнитогидродинамической обработки/ Р.Ж. Ахияров, Д.А. Гоголев, А.Б. Лаптев, Д.Е. Бугай // Нефтегазовое дело. – 2006. – С. 1-6.

57. Доломатов М.Ю. О разрушении углеводородных эмульсий под действием электромагнитных полей / М.Ю. Доломатов, Р.С. Сабитов, Р.М. Сафуанова, А.Г. Телин // Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений. – 2017. – № 2 (108). – С. 39-51.

58. Латыпов О.Р. Разделение водонефтяной эмульсий путем модификации технологических жидкостей / О.Р. Латыпов // Прикладные и академические исследования. – 2015.– Т. 13. – № 4. – С. 234-238.

59. Савиных Ю.А. Разрушение нефтяной эмульсии на нано уровне управляемые электронным потоком / Ю.А. Савиных, С.И. Грачев, А.В. Савиных, Х.Н. Музипов, Р.М. Галикеев // Подготовка нефти. – 2010. – № 9. – С. 40-42.

60. Патент 2288777 Российская Федерация, МПК В01Г7/00. Акустический способ обработки жидкотекучих сред в роторно-пульсационном акустическом аппарате//Фомин В.М., Аюпов Р.Ш., Фомин М.В., Агачев Р.С. и др.; заявитель и патентообладатель - авторы. -№ 2005117678/15; заявл. 07.06.2005; опубл. 10.12.2006.

61. Фомин В.М. Исследование акустического воздействия на жидкотекучие среды /В.М. Фомин //Нефтяное хозяйство. –2002. –№ 10. – С. 46-47.

62. Thuery J. Microwaves applications in industry and medicine / J. Thuery //Artec House, London, 1996.

63. Патент 2535793 Российская Федерация, МПК С10G33/02. Способ разрушения водонефтяной эмульсии с применением ультразвукового воздействия// Р.З. Сахабутдинов, Ф.Р. Губайдуллин, А.Н. Судыкин, Р.М. Шагеев; заявитель и патентообладатель ОАО «Татнефть» имени В.Д. Шашина. - № 2013144334; заявл. 02.10.2013; опубл. 20.12.2014.
64. Мухамадуллина А.М. Влияние ультразвука на разрушение водонефтяных эмульсий / А.М. Мухамадуллина, Ш.А. Сакина // Наука и общество в условиях глобализации. – 2017 – № 1 (4). – С. 117-121.
65. Дворецкас Р.В. Разрушение водонефтяных эмульсий ультразвуковым методом / Р.В. Дворецкас, Д.В. Курагин // Проблемы разработки месторождений углеводородных и рудных полезных ископаемых. – 2015. – № 1. – С. 107-110.
66. Древницкая Е.Л. Использование волнового воздействия в процессах добычи и подготовки нефти: дисс. Д212.080.05 канд. техн. наук: 02.00.13 / Е.Л. Древницкая – Казань, 2013. – 142 с.
67. Марушкин А.Б. Влияние растворяющей способности воды на процесс обессоливания нефти на промыслах / А.Б. Марушкин, Г.М. Сидоров, Л.А. Кашапова, Б.А. Яхин // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. – 2018. – № 11. – С. 18-21.
68. Туманян Б.П. Научные и прикладные аспекты теории нефтяных дисперсных систем / Б.П. Туманян. – М.: Наука и техника, 2000. – 335 с.
69. Шагапов В.Ш. К теории вымывания солей из водонефтяной эмульсии пресной водой / В.Ш. Шагапов, Э.В. Галиакбарова, И.К. Гималтдинов // Прикладная математика и техническая физика. – 2019. – Т.60. – № 4. – С.91-99.
70. Доссо Уэй. Разработка технологии глубокого обезвоживания и обессоливания тяжелых высоковязких нефтей: дисс. 212.200.04; канд. техн. наук: 05.17.07 / Доссо Уэй. – М., 2016. – 133 с.
71. Башкирцева Н.Ю. Высоковязкие нефти / Н.Ю. Башкирцева // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. Т. 17. – № 19. – С. 296-299.

72. Галиуллин Э.А. Новые технологии переработки тяжелых нефтей и природных битумов / Э.А. Галиуллин, Р.З. Фахретдинов // Вестник технологического университета. – 2016. – Т.19 – № 4. – С. 47-51.

73. Галиакбарова Э.В. Повышение качества обессоливания нефти на промыслах за счет рациональной организации движения и взаимодействия смешиваемых потоков нефти и воды /Э.В. Галиакбарова, Р.Н. Бахтизин, И.К. Гималтдинов и др. //Нефтегазовое дело. – 2017. – Т.15 -№ 4. – С. 131-136

74. Хуторянский Ф.М. Разработка технологии глубокого обезвоживания и обессоливания тяжелых высоковязких нефтей: дисс. 212.200.04; канд. наук: 05.17.07 / Ф.М. Хуторянский – М., 2016. – 133 с.

75. Жолумбаев М.Т. Разработка технологического оборудования для промысловой подготовки аномально высоковязких нефтей: дисс. 212.289.05; канд. техн. наук: 05.02.13 / М.Т. Жолумбаев – Уфа, 2004. – 103 с.

76. Жолобова Г.Н. Повышение эффективности процесса обессоливания нефти: дисс. 222.002.01 канд. техн. наук:25.00.17/Г.Н.Жолобова - Уфа, 2010.-122 с

77. Гумовский О.А. Технология обессоливания нефти с применением блока интенсифицирующих элементов / О.А. Гумовский, Р.З. Сахабутдинов, Ф.Р. Губайдуллин, Т.Ф. Космачев // Сборник научных трудов ТатНИПИнефть. – М. – 2010. – С. 267-273.

78. Жолобова Г.Н. Анализ конструкции смесителей для обессоливания нефти / Г.Н. Жолобова, Е.М. Хисаева, А.А. Сулейманова, В.Ф. Галиакбаров // Нефтегазовое дело. – 2010. – С. 1-7.

79. Таранцев К.В. Анализ конструкций смесителей, применяемых для электрообессоливающих установок / К.В. Таранцев, Д.Д. Токарев //XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2013. – Т. 2 – № 9 (13). – С. 93-98.

80. Авторское свидетельство 1645747 СССР, МПК F17D3/12. Устройство для ввода реагента в поток нефти//Ю.А. Галицкий; заявитель и патентообладатель Казанский филиал Московского энергетического института. - № 4691901; заявл. 16.05.1989; опубл. 30.04.1991.

81. Авторское свидетельство 854418 СССР, МПК В01D17/04. Устройство для обезвоживания и обессоливания нефти// Ю.А. Спиридонов., Ю.Я. Галицкий, Ф.И. Мутин и др.; заявитель и патентообладатель авторы. -№ 3938527; заявл. 26.07.1985; опубл. 23.03.1987.

82. Авторское свидетельство 1819652 СССР, МПК В01D17/04. Устройство для обезвоживания и обессоливания нефти// Ю.Я. Галицкий; заявитель и патентообладатель Казанский филиал Московского энергетического института. - № 4899590; заявл. 03.01.1991; опубл. 07.06.1993.

83. Патент 2618883 Российская Федерация, МПК В01F5/06. Гидродинамический смеситель//М.Н. Краснянский, В.М. Червяков, Е.С. Шитиков и др.; заявитель и патентообладатель – авторы. - №2016121354; заявл. 30.05.2016. опубл. 11.05.2017.

84. Патент 2091144 Российская Федерация, МПК В01F5/00. Вихревой гидродинамический эмульгатор// Ю.А. Кныш, О.Ю. Кныш; заявитель и патентообладатель Самарский государственный аэрокосмический университет им. С.П.Королева.- № 94030061/25; заявл. 05.08.1994; опубл. 27.09.1997.

85. Патент 168279 Российская Федерация, МПК В01F3/08. Диспергатор //С.И. Нефедов, В.Л. Сухарев; заявитель и патентообладатель ООО «ИНТЕЛ - 2002». - № 2015152182; заявл. 07.12.2015; опубл. 26.01.2017.

86. Патент 94016415 Российская Федерация, МПК F04F5/42. Вихревой струйный аппарат// С.Г. Рогачев, В.С. Степанянц, Л.М. Курбатов; заявитель и патентообладатель Рогачев С.Г. -№ 94016415/06; заявл. 29.04.1994; опубл. 27.03.1997.

87. Патент 2427410 Российская Федерация, МПК: В01D17/04. Узел обессоливания нефти // Р.С. Бабаев, А.М. Галимов, И.З. Денисламов, Ш.А. и др.; заявитель и патентообладатель Р.С. Бабаев, А.М. Галимов, И.З. Денисламов, - № 2010107407/05; заявл. 27.02.2010; опубл. 27.08.2011.

88. Патент 126623 Российская Федерация, МПК В01F 5/02. Смеситель жидкости// М.Г. Алфимов, Р.С. Сытдииков; заявитель и патентообладатель ООО

«Научно- производственное предприятие Контэкс». - № 2012150901/05; заявл. 27.11.2012; опубл. 10.04.2013

89. Николаев Е.А. Статические и динамические смесители для компаундирования нефтепродуктов / Е.А. Николаев // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. 2011, № 3, С. 29-35.

90. Патент 145024 Российская Федерация, МПК В01F5/06. Статический смеситель // Р.Р. Гараев, С.Г. Мударисов; заявитель и патентообладатель Гареев Р.Р. -№ 2013159018/05; заявл. 30.12.2013; опубл. 10.09.2014.

91. Патент 2414283 Российская Федерация, МПК В01 F5/00. Прямоточный вихревой смеситель: № 2009107448/05; заявл. 27.02.2009; опубл. 20.03.2011

92. Патент 2623780 Российская Федерация, МПКВ01D17/04, С10G3/00. Узел обессоливания нефти// В.Г. Афанасенко, Е.В. Боев, С.П. Иванов, А.Г. Афанасенко; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет». - № 2016121288; заявл. 30.05.2016; опубл. 29.06.2017.

93. Губайдуллин Ф.Р. Результаты внедрения коалесцирующих устройств на установках подготовки нефти ОАО «Татнефть» / Ф.Р. Губайдуллин, С.Н. Судыкин, О.А. Гумовский, Р.Т. Багаманшин //В сборнике: Сборник научных трудов ТатНИПИнефть. ТатНИПИнефть. Казань, 2013. – С. 412-420.

94. Патент 2471853 Российская Федерация, МПК: С10G33/00, С10G33/04, В01D17/00. Установка подготовки тяжелых нефтей// Ф.Р. Губайдуллин, С.Н. Судыкин, Р.З. Сахабутдинов, и др.; заявитель и патентообладатель ОАО «Татнефть» им.В.Д. Шашина. -№ 2011147670 заявл. 23.11.2011; опубл. 10.01.2013.

95. Крюков В.А. Разработка интенсифицирующих устройств для процесса подготовки сверхвязкихнефтей (природные битумы) /В.А. Крюков,А.А. Вольцова, Ф.Р. Губайдуллин, С.Н. Судыкин // Нефть. Газ. Новации. –2011. –№ 3. –С. 75-79.

96. Багаманшин Р.Т. Внедрение интенсифицирующих устройств для процессов обезвоживания и обессоливания нефти на установках подготовки нефти ОАО «Татнефть» / Р.Т. Багаманшин, О.А. Гумовский Ф.Р. Губайдуллин, С.Н. Судыкин, И.И Уразов // Нефтяная провинция. –2015. – № 1. – С. 70-83.

97. Шипигузов Л.М. Роль коалесценторов в процессах обезвоживания и обессоливания нефти / Л.М. Шипигузов // Сборник тезисов и докладов семинара «Современное состояние проблем подготовки продукции скважин». – Бугульма: ТатНИПИнефть, 2010. – С. 56-58.

98. Алексеев К.А. Экспериментальное исследование гидродинамических характеристик статического смесителя, заполненного кольцами Рашига / К.А. Алексеев, А.Г. Мухаметзянова // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – Т. 16. – № 23. – С. 152-155.

99. Алексеев К.А. Гидродинамика потока в статических смесителях насадочного типа: дис. 212.080.15; канд. техн. наук: 05.17.08 / К.А. Алексеев. – Казань, 2016. – 170 с.

100. Алексеев К.А. Экспериментальные исследования полей скорости в статических смесителях насадочного типа / К.А. Алексеев, А.Г. Мухаметзянова, Г.С. Дьяконов // Теоретические основы химической технологии. – 2017. – Т. 51 – № 3. – С. 253-260.

101. Дударовская О.Г. Энергетическая эффективность насадочных смесителей / О.Г. Дударовская // Фундаментальные исследования. – 2018 – № 10. – С. 7-11.

102. Алексеев К.А. Экспериментальные исследования гидравлических характеристик проточного статического смесителя насадочного типа / К.А. Алексеев, А.Г. Мухаметзянова, А.В. Клинов и др. // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – Т. 16. – № 7. – С. 212-216.

103. Смесители [Электронный ресурс]. – URL: <http://rosnm.ru/smesiteli-i-probootborniki> (дата обращения 03.03.2020).

104. Патент 2205063 Российская Федерация, МПК: В01J19/32. Пакетная вихревая насадка для тепло- и массообменных аппаратов // В.Н.Блинчев, О.В. Чагин, А.М. Кутепов, Я. Кравчик; заявитель и патентообладатель - авторы. - № 2002103854/12 заявл. 18.02.2002; опубл. 27.05.2003.

105. Сиволоцкий М.О. Получение эмульсии в статическом смесителе с новым вихревым внутренним устройством / М.О. Сиволоцкий, М.О. Чагин //

Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. – 2014. – № 2 (38). – С.108-113.

106. Статические смесители SULZER [Электронный ресурс]. – URL: <http://tisys.ru/SULZER.pdf> (дата обращения 03.03.2020).

107. Патент 2309789 Российская Федерация, МПК В01F5/00. Способ диспергирования жидкости// Р.Ш. Абиев; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный технологический институт. - № 2006101021/15; заявл. 10.01.2006; опубл.10.11.2007

108. Патент 2180711 Российская Федерация, МПК F04F5/12. Многоступенчатый струйный аппарат// С.Г. Рогачев, Р.З. Сафиева, Р.Р. Сафин, и др.; заявитель и патентообладатель Рогачев С.Г. - № 2001107850/06; заявл. 29.03.2001; опубл. 20.03.2002.

109. Патент 2111386 Российская Федерация, МПК: F04F5/00. Инжектор // А.Г. Гумеров, Р.С. Гумеров, В.Г. Карамышев, О.М. Куртаков, В.Н. Чепурский; заявитель и патентообладатель Институт проблем транспорта энергоресурсов «ИПТЭР». - № 95113797/06; заявл. 01.08.1995; опубл. 20.05.1998.

110. Патент 2189851 Российская Федерация, МПК В01F3/04. Смеситель// В.Ф. Галиакбаров, М.Ф. Галиакбаров, А.С. Мингараев, Г.Г. Теляшев; заявитель и патентообладатель Галиакбаров В.Ф. - № 2000107247/12; заявл. 23.09.2000; опубл. 27.09.2002.

111. Патент 166889 Российская Федерация, МПК В01F5/00, В01F3/08. Смеситель // Р.Н. Бахтизин, Э.В. Галиакбарова, В.Ф. Галиакбаров и др.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет».-№ 2016116245/05; заявл. 25.04.2016,опубл. 10.12.2016.

112. Патент 169527 Российская Федерация, МПК В01F5/06, В01F3/08. Струйный гидравлический смеситель// В.Ф. Галиакбаров, Э.В. Галиакбарова, К.М. Мустафин; заявитель и патентообладатель В.Ф. Галиакбаров, Э.В. Галиакбарова. - № 2016139089; заявл. 04.10.2016; опубл. 23.03.2017.

113. Патент 171985 Российская Федерация, МПК В01F 5/06, В01F 3/08. Поточный струйный смеситель // В.Ф. Галиакбаров, Э.В. Галиакбарова, К.М.

Мустафин; заявитель и патентообладатель Галиакбарова Э.В. - № 2016144813; заявл. 15.11.2016; опубл. 23.06.2017.

114. Патент 176187 Российская Федерация, МПК В01F5/06, В01F3/08. Струйный гидравлический смеситель // Э.В. Галиакбарова, В.Ф. Галиакбаров; заявитель и патентообладатель Галиакбарова Э.В. - № 2017111710; заявл. 06.04.2017; опубл. 11.01.2018.

115. Галиакбарова Э.В. Использование струйных гидравлических смесителей для интенсификации процессов подготовки нефти к переработке / Э.В. Галиакбарова, Р.Н. Бахтизин // Нефтегазовое дело. – 2016. – Т.14. – №1. – С.145-149.

116. Ахметов Р.Ф. Совершенствование струйных аппаратов с закручивающими устройствами в процессах подготовки газа и нефти к переработке: дисс. 212.089.03; канд. техн. наук: 05.17.08 / Р.Ф. Ахметов. – Уфа. – 2017. – 146 с.

117. Жолобова Г.Н. Совершенствование процессов подготовки нефти / Г.Н. Жолобова, Е.М. Хисаева, А.А. Сулейманова, В.Ф. Галиакбаров // Нефтегазовое дело. – 2010. – С.11-17.

118. Галиакбарова, Э.В. Энергоэффективное обессоливание нефти на промыслах с использованием струйных гидравлических смесителей / Э.В. Галиакбарова, А.О. Пангаева // В сборнике: Экологические проблемы нефтедобычи – 2018. Материалы VII Международной научной конференции с элементами научной школы для молодежи. – 2018. – С.17-19.

119. Яхин Б.А. Струйный смеситель для обессоливания нефти / Б.А. Яхин, Л.С. Галяутдинова, Г.М. Сидоров // В книге: 68-я научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых УГНТУ // Сб. матер. конф. – Кн.2. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2017. – С.152.

120. Галиакбаров В.Ф. и др. Опыт использования струйных гидравлических смесителей на пунктах подготовки нефти ОАО «Башнефть» / В.Ф. Галиакбаров, Г.Г. Теляшев, Б.А. Яхин // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. – 2015. – № 10. – С. 35-37.

121. Сидоров, Г.М. Преимущество применения струйных гидравлических смесителей с вихревым устройством при подготовке нефти / Г.М. Сидоров, Б.А. Яхин // Инженерная практика. – 2019. – № 7. – С. 74-79.

122. Патент 2178449 Российская Федерация, МПК С10G33/04. Состав для обезвоживания и обессоливания нефти и способ его применения в устройстве для разрушения водонефтяных эмульсий// В.Ф. Галиакбаров, М.Ф. Галиакбаров, И.Ф. Лопатин и др.; заявитель и патентообладатель В.Ф. Галиакбаров. - № 20001211/12;заявл. 07.08.2000; опубл. 20.01.2002.

123. Галиакбарова Э.В. Расчет параметров смесительного аппарата с вихревыми устройствами методами математической статистики и распознавания образцов для качественного обессоливания нефти в ЭЛОУ / Э.В. Галиакбарова, Е.Н. Шварева, А.Е. Белозерова и др. // Электронный журнал. Нефтегазовое дело. – 2015. – № 2. – С.230-265.

124. Ахметов Р.Ф. Совершенствование конструкции винтового закручивающего устройства методом CFD-анализа. Фундаментальные исследования / Р.Ф. Ахметов, Г.М. Сидоров, М.Н. Рахимов, В.О. Беркань. – 2015. – № 11-4. – С. 647-653; URL: <http://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=39479> (дата обращения: 20.11.2016).

125. Ахметов Р.Ф. Влияние длины закрутки винтового закручивающего устройства на эффективность сепарации трехпоточной вихревой трубы / Р.Ф. Ахметов, Г.М. Сидоров // Актуальные проблемы науки и техники-2015. Материалы VIII Международной научно-практической конференции молодых ученых. Том I. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2015. – С.370-373.

126. Галиакбарова Э.В., Применение имитационного моделирования для проектирования струйных смесителей / Э.В. Галиакбарова, К.В. Сухарев, М.М. Насыров // Роль математики в становлении специалиста. Материалы Всероссийской научно-методической конференции. – 2016. – С. 34-38.

127. Юлмухаметова Р.Р. Моделирование расслоения водонефтяной эмульсии в поле гравитационных сил при наличии тепловой конвекции /

Р.Р. Юлмухаметова, Э.Р.Тухбатова, А.А. Мусин //Материалы VII Международной молодежной научно-практической конференции. – 2017. – С. 412-417.

128. Ахметов Р.Ф. Моделирование процесса смешения нефти и воды в статических смесителях методом CFD-анализа / Р.Ф. Ахметов, Ю.Н. Зайцев, Г.М. Сидоров, А.Ф. Ахметов // Нефтегазопереработка – 2016: Международная научно-практическая конференция (Уфа, 24 мая 2016 г.): Материалы конференции. – Уфа: Издательство ГУП ИНХПРБ, 2016. – С. 177.

129. Левич В.Г. Физико-химическая гидродинамика / В.Г. Левич. – М.: Изд-во физ.-мат. литературы, 1959. – 699 с.

130. Седов Л.И. Механика сплошной среды /Л.И. Седов. – Т. 2. – М.: Наука, 1970. – 568 с.

131. Ландау Л.Д. Гидродинамика / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц – М.: Наука, 1986. – 736 с.

132. Целищев А.В. Методика расчета и моделирования процесса фазоразделения газожидкостного потока в противоточной вихревой трубе: дисс. 212.288.05; канд. техн. наук: 05.04.13 / А.В. Целищев – Уфа, 2012. – с. 156.

133. Чернышев А.С. Использование эйлерово-эйлеровского подхода для моделирования турбулентных течений пузырьковых сред / А.С. Чернышев, А.А. Шмидт // Письма в ЖТФ. – 2013. – Т. 39. – № 12. – С. 17-24.

134. Lettieri P. CFD simulation of gas fluidized beds using alternative Eulerian-Eulerian modeling approaches / P. Lettieri, L. Cammarata, G.D.M. Micale, J. Yates // International journal of chemical reactor engineering. – 2003. – Vol. 1. – pp. 1-21.

135. Колмогоров А.Н. Доклад АН СССР. – 1941. -Т. 30. –№ 4. – С. 224-229.

136. Щербаков М.А. Сравнительный анализ моделей турбулентности с использованием научного кода "Fastest-3D" и коммерческого пакета ANSYSCFX / М.А. Щербаков, А.А. Юн, Б.А. Крылов // Вестник МАИ. – М., 2010. – Т.16. – №5.

137. Илюшин Б.Б. Моделирование динамики турбулентной круглой струи методом крупных вихрей / Б.Б. Илюшин, Д.В. Красинский // Теплофизика и аэромеханика. – 2006.– Т. 13. – № 1.

138. Гарбарук А.В. Лекционные материалы по курсу «Модели турбулентности» / А.В. Гарбарук // Научно-исследовательский институт «Математическое моделирование и интеллектуальные системы управления».

139. Жолобова Г.Н. Теоретические основы движения жидкости в вихревых устройствах / Г.Н. Жолобова, Е.М. Хисаева, А.А. Сулейманов, В.Ф. Галиакбаров // Нефтегазовое дело, 2010. – С. 1-6.

140. Кашапова Л.А. Опыт использования струйных гидравлических смесителей при подготовке нефти на промыслах Татарстана / Л.А.Кашапова, А.Б. Марушкин, Г.М. Сидоров, Б.А.Яхин // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. – 2017. – № 11. – С. 37-39.

141. Сидоров Г.М. Моделирование работы статического смесителя (нефть-вода) для обессоливания нефти и опытно-промышленное испытание / Г.М. Сидоров, Б.А. Яхин, Р.Ф. Ахметов // Успехи современного естествознания. – 2017. – №2. – С.152-156. – URL: <http://www.natural-sciences.ru/ru/article/view?id=36378> (дата обращения: 04.05.2017).

142. Ахметов Р.Ф. CDF- моделирование статического смесителя для обессоливания нефти /Р.Ф.Ахметов, А.Х.Мухаметьянова, Г.М.Сидоров, Б.А. Яхин, А.Р. Набиева, Р.Ю. Кондратьев //«Нефтегазовое дело». –2020. –№1. –С. 231-249.

143. Ахметов В.К. Структура и гидродинамическая устойчивость закрученных потоков с зонами рециркуляции: дис. 05200951160 докт. техн. наук: 05.23.16 / В.К. Ахметов – Москва. – 2009. – 307 с.

144. Вурзель А.Ф. Разработка инженерной методики расчета проточных смесителей нефти (нефтепродуктов) с водой: дис. 2008119106/22 канд. техн. наук: 05.17.08./ А. Ф. Вурзель. Москва. – 1992. – 155 с.

145. Pianko-Opruch P. CFD modelling of liquid-liquid flow in a SMX static mixer / P. Pianko-Opruch, Z. Jaworski // Polish Journal of Chemical Technology. – 2009. – Vol. 3. – P. 41-49.

146. Theron F. Comparison between three static mixers for emulsification in turbulent flow / F. Theron, N. Le Sauze // International Journal of Multiphase Flow. – 2011. – Vol. 5. – P. 488-500.

147. Shabani M. Fluid flow characterization of liquid-liquid mixing in mixer-settler / M. Shabani, M. Alizadeh, A. Mazahery // *Engineering with Computers*. 2011. Vol. 4. P. 373-379.
148. Shabani M. Evaluation of the effect of mixer settler baffles on liquid-liquid extraction via CFD simulation / M. Shabani, A. Mazahery // *UPB Sci Bull Ser D*. – 2011. – Vol. 73. – P. 55-63.
149. Jaworski Z. Numerical and experimental studies of liquid-liquid mixing in a Kenics static mixer / Z. Jaworski, H. Murasiewicz // *European Conference on Mixing*. – 2012. – Vol. 14. – P. 181-186.
150. Gaspar I. CFD and laboratory analysis of axial cross-flow velocity in porous tube packed with differently structured static turbulence promoters / I. Gaspar, P. Tekic, A. Koris, A. Krisztina, S. Popovic, G. Vatai // *Chemical Industry*. – 2015. – Vol. 69. – P. 713-718.
151. Chen G. Numerical research of pressure drop in Kenics static mixer / G. Chen, Z. Liu // *Advanced Materials Research*. – 2013. – P. 547-551.
152. Stec M. Numerical method effect on pressure drop estimation in the Koflo static mixer / M. Stec, P. Synowiec // *Inzynieria I aparaturachemiczna*. – 2015. – Vol. 2. – P. 48-50.
153. Stec M. Analysis of the pressure drop calculation method impact on the accuracy of the experimental results in the Koflo static mixer / M. Stec, P. Synowiec // *Inzynieria I aparaturachemiczna*. – 2015. – Vol. 4. – P. 201-203.
154. Сидоров Г.М. Моделирование работы статического смесителя (нефть-вода) для обессоливания нефти и опытно-промышленное испытание / Г.М. Сидоров, Б.А. Яхин, Р.Ф. Ахметов // *Успехи современного естествознания*. – 2017. – № 2. – С. 152-156.
155. Yang A. A novel vortex mixer actuated one-shot electricity-free pumps / A. Yang, Y. Hsieh, L. Kuo, L. Tseng, S. Liao // *Chemical Engineering Journal*. – 2013. – Vol. 228. – P. 882-888.

156. Abdolkarimi V. CFD modeling of two immiscible fluids mixing in a commercial scale static mixer / V. Abdolkarimi, H. Ganji // Brazilian Journal of Chemical Engineering. – 2014. – Vol. 4. – P. 949-957.

157. Konopacki M. Computational fluid dynamics and experimental studies of a new mixing element in a static mixer as a heat exchanger / M. Konopacki, M. Kordas, K. Fijalkowski, R. Rakoczy // Chemical and Process Engineering. – 2015. – Vol. 6. – P. 59-72.

158. Chanem A. Static mixers: Mechanisms, applications and characterization methods – A review. / A. Chanem, T. Lemenand, D. Della Valle, H. Peerhossaini // Chemical engineering research and design. – 2014. – Vol. 92. – P. 205-228.

159. Vasilev M.P. Turbulent droplets in a flow type apparatuses – New type static disperser / M.P. Vasilev, R.Sh. Abiev // Chemical and Process Engineering. – 2018. – Vol. 349. – P. 646-661.

160. Irfan M., Kailash B., Subramanya G. CFD analysis of a single-phase mixing of fluids without the aid of stirrers // International Research Journal of Engineering and Technology. – 2015. – Vol. 9. – P. 134-137.

161. Abdulmumuni A. Application of CFD for numerical analysis of liquid-liquid mixing in T-Shape mixer using Ansysfluent / A. Abdulmumuni, T. Marhaendrajana, Y. Bindar // Preprints. – 2018.

162. Murasiewicz H. Large eddy simulation of turbulent flow and heat transfer in a Kenics static mixer / H. Murasiewicz, B. Zakrzewska // Chemical and Process Engineering. – 2019. – Vol. 40. – P. 87-99.

163. Патент 180014 Российская Федерация, МПК В01F3/04. Струйный смеситель/// Г.М. Сидоров, Б.А. Яхин, В.Ф. Галиакбаров, Я.Б Яхин; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет». - № 2019128355; заявл. 09.09.2019; опубл. 30.06.2020

164. Крянев Д.Ю. Применение методов увеличения нефтеотдачи пластов в России и за рубежом. Опыт и перспективы / Д.Ю. Крянев // Бурение и нефть. – 2011. – № 2. – С. 22-26.

165. Карпенко И.Н. Анализ эффективности геолого-технических мероприятий / И.Н. Карпенко, А.П. Мельников // Ашировские чтения: тр. междунар. науч.-практ. конф. – Самара: СамГТУ. – 2015. – С. 314-317.

166. Глумов И.Ф. Влияние соляной кислоты на устойчивость водонефтяных эмульсий / И.Ф. Глумов, В.В. Слесарева, Н.М. Петрова // Разработка и эксплуатация нефтяных месторождений Татарстана: сборник ТатНИПИнефть. – Бугульма. – 2000. – С. 114-117.

167. Губайдуллин Ф.Р. Влияние химических реагентов, применяемых в системе нефтедобычи, на устойчивость водонефтяных эмульсий / Ф.Р. Губайдуллин, О.С. Татьяна, Т.Ф. Космачева, Р.З. Сахабутдинов, И.Х. Исмагилов // Нефтяное хозяйство. – 2003. – №8. – С. 68-70.

168. Сахабутдинов Р.З. Особенности формирования и разрушения водонефтяных эмульсий на поздней стадии разработки нефтяных месторождений / Р.З. Сахабутдинов, Ф.Р. Губайдуллин, И.Х. Исмагилов, Т.Ф. Космачева. – М.: ОАО «ВНИИОЭНГ». – 2005. – 324 с.

169. Давлетшина Л.Ф. О необходимости изучения особенностей поведения углеводородов для повышения эффективности кислотных обработок скважин / Л.Ф. Давлетшина, Л.И. Толстых, П.С. Михайлова // Территория Нефтегаз. – 2016. – № 4. – С. 90-96.

170. Карпенко И.Н. Исследование эффективности действия деэмульгатора в присутствии соляной кислоты. Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений / И.Н. Карпенко, В.В. Коновалов – 2019. – №2 (118). – С. 47-58.

171. Патент 2600998 Российская Федерация, МПК В01 F 5/00. Струйный гидравлический смеситель// В.Ф. Галиакбаров, Э. В. Галиакбарова, Б.А. Яхин; заявитель и патентообладатель В.Ф. Галиакбаров, Э.В. Галиакбарова. - № 2015136071/05; заявл. 25.08.2015; опубл. 27.10.2016.

172. Патент 159236 Российская Федерация, МПК В01 F 5/00. Струйный гидравлический смеситель/ / В.Ф. Галиакбаров, Э.В. Галиакбарова, Б.А. Яхин; заявитель и патентообладатель В.Ф. Галиакбаров, Э.В. Галиакбарова. - № 2015136072; заявл. 25.08.2015; опубл. 10.02.2016.

173. ГОСТ 2517-2012. Нефть и нефтепродукты. Методы отбора проб. – М: Изд-во стандартов, 2014. – 31 с.

174. Авторское свидетельство 520541 СССР, МПК G01N31/08. Способ определения группового состава тяжелых нефтепродуктов// М.А. Колбин, Р.В. Васильева, Т.С. Иванова; заявитель и патентообладатель авторы. - № 1850877/044; заявл. 27.11.1972; опубл. 06.07.1975.

175. Воскресенский П.И. Техника лабораторных работ / П.И. Воскресенский – 10-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1973. – 717 с.

176. ASTM D2892-11. Historical Standard: Стандартный метод разгонки сырой нефти (ректификационная колонна с 15 теоретическими тарелками) [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL/D2892-11-RUS.htm> (дата обращения: 18.04.2018).

177. ГОСТ 21534-76. Нефть. Методы определения содержания хлористых солей. – Москва: Изд-во стандартов, 2003. – 82 с.

178. ГОСТ 2477-2014. Нефть и нефтепродукты. Метод определения содержания воды. – Москва: Изд-во стандартов, 2014. – 25 с.

179. ГОСТ 10577-78. Нефтепродукты. Методы определения содержания механических примесей. – Москва: Изд-во стандартов, 2003. – 7 с.

180. ГОСТ Р 51858-2002. Нефть. Общие технические условия. 2002. – 10 с.

181. Техническое условие на подключение объектов нефтедобычи ПАО «Татнефть» к магистральным нефтепроводам ПАО «Транснефть» № АК-10-02-08/44472 от 31.08.2015.

182. ТР ЕАЭС 045/2017. Технический регламент Евразийского экономического союза «О безопасности нефти, подготовленной к транспортировке и (или) использованию». – 8 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

1 Копии патентов

- 1.1 Патент №180014 (РФ)
- 1.2 Патент №2600998 (РФ)
- 1.3 Патент №159236 (РФ)

2 Акты внедрения

- 2.1 Якеевский УКПН КППН-2 НГДУ «Джалильнефть»
- 2.2 УПВСН-2 НГДУ «Нурлатнефть»
- 2.3 УПН ЦППН НГДУ «Бавлынефть»
- 2.4 ЭЛОУ-3,4,5 ОАО «Уфанефтехим»
- 2.5 УППН «Константиновка» ЦДНГ №6 ООО «ЛУКОЙЛ-Пермь»
- 2.6 УППН «Куеда» ЦДНГ №2000 «ЛУКОЙЛ-Пермь»
- 2.7 Сулеевский ТХУ ЦКППН-1 НГДУ «Ждалильнефть»
- 2.8 УКПН НГДУ «Азнакаевскнефть»
- 2.9 УПВС-1 «Андреевка» НГДУ «Нурлатнефть»
- 2.10 УПВСН ЦППН-2 «Ново – Суксинский» НГДУ «Прикамнефть»
- 2.11 «Кама - Исмагиловский» УПВСН НГДУ «Лениногорскнефть»
- 2.12 Кичуйский УПВСН НГДУ «Елховнефть»
- 2.13 УПВСН-2 НГДУ «Нурлатнефть»
- 2.14 Кичуйский ТХЦКППН-1 НГДУ «Елховнефть»
- 2.15 УПВСН ЦПС ЦКППН-2 НГДУ «Альметьевскнефть»
- 2.16 УПВСН НГДУ «Ямашнефть»

3 Протоколы НТСООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ»

4 Отзывы на работу смесителя

- 4.1 ТПП «РИТЭК – Самара- Нафта»
- 4.2 АО «Газпромнефть - ОНПЗ

5 Награды

- 5.1 Диплом лауреата республиканского конкурса «Лучшие товары Башкортостана» 2019г.

- 5.2 Диплом лауреата премии имени академика И.М. Губкина
- 5.3 Диплом за победу в региональном этапе международного конкурса «Качество Инноваций»
- 5.4 Диплом лауреата Всероссийского конкурса «100лучших товаров России» 2019г.
- 5.5 Диплом лауреата и Указ о присуждении Государственной премии Республики Татарстан в области науки и техники в 2019 г.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 180014

Струйный смеситель

Патентообладатель: **Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Уфимский государственный нефтяной технический университет" (RU)**

Авторы: **Сидоров Георгий Маркелович (RU), Бахтизин Рамиль Назифович (RU), Яхин Булат Ахметович (RU), Нургалиев Роберт Загитович (RU)**

Заявка № 2018106628

Приоритет полезной модели 21 февраля 2018 г.

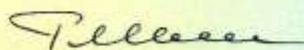
Дата государственной регистрации в

Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации 30 мая 2018 г.

Срок действия исключительного права на полезную модель истекает 21 февраля 2028 г.



Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

 Г.П. Ивлиев



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

B01F 5/0602 (2018.02); B01F 3/08 (2018.02)

(21)(22) Заявка: 2018106628, 21.02.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
21.02.2018Дата регистрации:
30.05.2018

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 21.02.2018

(45) Опубликовано: 30.05.2018 Бюл. № 16

Адрес для переписки:

450062, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1, Уфимский
государственный нефтяной технический
университет, патентный отдел

(72) Автор(ы):

Сидоров Георгий Маркелович (RU),
Бахтизин Рамиль Назифович (RU),
Яхин Булат Ахметович (RU),
Нургалиев Роберт Загитович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Уфимский государственный
нефтяной технический университет" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете

о поиске: RU 2600998 C1, 27.10.2016. RU
176187 U1, 11.01.2018. RU 2189851 C2,
27.09.2002. RU 1375305 A1, 23.02.1988. RU
2414283 C1, 20.03.2011. RU 2091144 C1,
27.09.1997. US 8696193 B2, 15.04.2014.

(54) Струйный смеситель

(57) Реферат:

Полезная модель относится к смесительным устройствам для смешивания потоков жидкости и может быть использована в химической, нефтяной и нефтеперерабатывающей промышленности.

Технический результат заключается в увеличении интенсивности диспергирования взаимодействующих фаз и равномерности их распределения с получением однородной структуры смеси без дополнительных энергозатрат.

Технический результат достигается тем, что в струйном смесителе, включающем цилиндрический корпус, в котором входной патрубок воды установлен перпендикулярно входному патрубку нефти и выходному патрубку смеси, расположенных на центральной оси корпуса, последовательно по направлению движения потока установленные соосно вихревая

камера смешиваемого компонента - нефти, вихревая камера рабочего агента - воды, выполненные с тангенциальными каналами, и успокоительная камера в виде радиальных колец, согласно предлагаемому техническому решению вихревая камера нефти представляет собой параболоид вращения, вихревая камера воды выполнена в виде усеченного эллипсоида вращения более вытянутой формы, чем параболоидная вихревая камера нефти, тангенциальные каналы выполнены спиралевидными и имеют одинаковое направление закрутки потока, вихревая камера нефти снабжена конусообразной перегородкой, вершина которой направлена навстречу потоку нефти, и направляющий поток перегородками спиралевидной формы. Кроме того, вихревая камера смешиваемого реагента - нефти имеет четыре канала спиралевидной формы.

RU 180014 U1

RU 180014 U1

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2015136071/05, 25.08.2015
 (24) Дата начала отсчета срока действия патента:
 25.08.2015
 Приоритет(ы):
 (22) Дата подачи заявки: 25.08.2015
 (45) Опубликовано: 27.10.2016 Бюл. № 30
 (56) Список документов, цитированных в отчете о
 поиске: RU 2189851 C2, 27.09.2002;SU 1375304
 A1, 23.02.1988;SU 1549570 A1, 15.03.1990;DE
 1269591 B, 06.06.1968;CH 483565 A, 31.12.1969.
 Адрес для переписки:
 450080, г. Уфа, ул. Менделеева, 195/2, кв. 23,
 Галиакбаровой Эмилии Вильевне

(72) Автор(ы):
 Галиакбаров Виль Файзулович (RU),
 Галиакбарова Эмилия Вильевна (RU),
 Яхин Булат Ахметович (RU)
 (73) Патентообладатель(и):
 Галиакбаров Виль Файзулович (RU),
 Галиакбарова Эмилия Вильевна (RU)

(54) СТРУЙНЫЙ ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ СМЕСИТЕЛЬ

(57) Реферат:

Изобретение относится к смесительным устройствам для смешивания потоков жидкостей и может быть использовано в разных отраслях народного хозяйства, преимущественно в химической, нефтяной и нефтеперерабатывающей отраслях промышленности. Струйный гидравлический смеситель содержит цилиндрический корпус с входными и выходным патрубками, в котором последовательно по направлению движения потока установлены выполненные в виде тел вращения вихревые камеры смешиваемого компонента и рабочего агента, имеющие тангенциальные каналы, и успокоительная камера. Вихревая камера смешиваемого компонента снабжена направляющей поток перегородкой, которая

установлена под тангенциальными каналами и выполнена в виде конуса с вершиной, направленной к выходу камеры. При этом для усиления эффекта диспергирования вихревая камера смешиваемого компонента выполнена в виде параболоида вращения, а вихревая камера рабочего агента выполнена в виде усеченного эллипсоида вращения, причем тангенциальные каналы вихревых камер выполнены с одинаковым направлением закрутки потока. Технический результат заключается в увеличении интенсивности диспергирования взаимодействующих фаз и равномерности их распределения с получением гомогенной структуры смеси без дополнительных энергозатрат. 2 з.п. ф-лы, 3 ил.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 159236

СТРУЙНЫЙ ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ СМЕСИТЕЛЬ

Патентообладатель(ли): *Галиакбаров Виль Файзулович (RU),
Галиакбарова Эмилия Вильевна (RU)*

Автор(ы): *Галиакбаров Виль Файзулович (RU), Галиакбарова
Эмилия Вильевна (RU), Яхин Булат Ахметович (RU)*

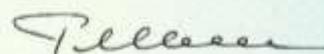
Заявка № 2015136072

Приоритет полезной модели 25 августа 2015 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре полезных
моделей Российской Федерации 13 января 2016 г.

Срок действия патента истекает 25 августа 2025 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

 Г.П. Ивлиев



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19) **RU** (11) **159 236** (13) **U1**

(51) МПК
B01F 5/00 (2006.01)
B01F 3/08 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) **ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ ОПИСАНИЯ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2015136072/05, 25.08.2015	(72) Автор(ы): Галиакбаров Виль Файзулович (RU), Галиакбарова Эмилия Вильевна (RU), Яхин Булат Ахметович (RU)
(24) Дата начала отсчета срока действия патента: 25.08.2015	(73) Патентообладатель(и): Галиакбаров Виль Файзулович (RU), Галиакбарова Эмилия Вильевна (RU)
Приоритет(ы): (22) Дата подачи заявки: 25.08.2015	
(45) Опубликовано: 10.02.2016 Бюл. № 4	
Адрес для переписки: 450080, г. Уфа, ул. Менделеева, 195/2, кв. 23, Галиакбаровой Эмилии Вильевне	

(54) **СТРУЙНЫЙ ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ СМЕСИТЕЛЬ**

(57) Формула полезной модели

1. Струйный гидравлический смеситель, включающий цилиндрический корпус с входными и выходным патрубками, в котором последовательно по направлению движения потока установлены встречно направленные вихревые камеры смешиваемого компонента и рабочего агента, выполненные в виде тел вращения с тангенциальными каналами, отличающийся тем, что на выходе вихревой камеры рабочего агента установлена насадка в виде втулки, на внутренней поверхности которой выполнены продольно направленные радиальные пазы.

2. Струйный гидравлический смеситель по п. 1, отличающийся тем, что радиальные пазы насадки вихревой камеры рабочего агента выполнены цилиндрической формы, а насадка выполнена из износостойкого материала.

3. Струйный гидравлический смеситель по п. 1, отличающийся тем, что вихревые камеры смешиваемого компонента и рабочего агента выполнены в виде параболоидов вращения.

RU 159236 U1

RU 159236 U1

УТВЕРЖДАЮ

Главный инженер-первый заместитель начальника
НГДУ «Джалильнефть» по производству
ПАО «Татнефть» имени В.Д. Шашина

Р.А. Ахметшин



2016г.

АКТ

внедрения инновационной научно-технической продукции «Струйный гидравлический смеситель» конструкции «НТ-Центр» г.Уфа, для обессоливания нефти на Якеевской УКПН ЦКППН-2 НГДУ «Джалильнефть»

Необходимость проведения опытно-промышленные испытания (ОПИ) послужило нестабильное обессоливание нефти в процессе подготовки нефти по существующей технологии. Задача проведения ОПИ: достижение стабильной и бесперебойной работы установки по обессоливаю нефти, повышение эффективности смешения нефти и воды перед шаровыми отстойниками Якеевской УКПН ЦКППН-2, оптимизация количества подаваемой промывочной воды.

Согласно утвержденной программе проведения испытаний смесителей СГС конструкции «НТ -Центр» на объектах подготовки нефти ПАО «Татнефть» и договора ОПИ №05-16/0070/20/287 от 25.02.2016года, струйный гидравлический смеситель СГС (нефть-вода) Ду350 для обессоливания нефти в количестве 1 шт. был установлен на Якеевской УКПН ЦКППН-2 НГДУ «Джалильнефть» на трубопроводе подачи сырой нефти перед шаровыми отстойниками Д1/1, Д1/2.

В период с 05.05.2016 по 15.06.2016г. было проведено опытно-промышленное испытание.

Цель проведения ОПИ: подтверждение эффективности работы струйно-гидравлического смесителя для обессоливания нефти в промышленных условиях (постоянно меняющегося качества нефти, содержания солей и воды).

Ответственные исполнители проекта от разработчика: заместитель ген. директора «НТ-Центр» по научной работе, д.т.н., профессор кафедры технологии нефти и газа УГНТУ Сидоров Г.М, зам. ген. директора «НТ-Центр» по производству Яхин Б.А, ассистент кафедры НХТ УГНТУ Ахметов Р.Ф.

В процессе проведения ОПИ были достигнуты минимальные значения содержания солей в готовой нефти 21-25 мг/л при значении содержания солей на входе 70 - 170 мг/л. При этом расход воды составило менее 1 % на количество обессоливаемой нефти (3-4м³ воды на 400-425 м³ сырой нефти).

Вывод: в ходе проведения ОПИ струйно-гидравлический смеситель показал высокую эффективность работы в заданных режимах. Смеситель СГС обеспечивает интенсивное перемешивание нефти с промывочной водой и эффективное обессоливание нефти.

Главный технолог НГДУ «Джалильнефть»

И.Н. Саттаров

Вед. инженер ОГТ НГДУ «Джалильнефть»

Р.М. Фазлыев

Зам. ген. директора «НТ-Центр» по научной работе,
д.т.н., профессор

Г.М.Сидоров

Зам. ген. директора «НТ-Центр»

Б.А. Яхин

УТВЕРЖДАЮ

Главный инженер-первый заместитель начальника
НГДУ «Нурлатнефть» по производству
Р.Н.Ахмадиев

« _____ » _____ 2016г.

АКТ

внедрения инновационной научно-технической продукции «Струйный гидравлический смеситель» конструкции ООО «НТ-Центр» г.Уфа для обессоливания нефти на УПВСН-2, «Кутема», НГДУ «Нурлатнефть»

Необходимостью проведения опытно-промышленного испытания (ОПИ) послужил износ существующего оборудования, нестабильное обессоливание нефти в процессе подготовки нефти по существующей технологии. Задача: достижение стабильной бесперебойной работы установки по обессоливанию нефти и регулирование количества подачи пресной воды для промывки нефти на УПВСН-2, НГДУ «Нурлатнефть».

Согласно утвержденной «Программе проведения испытаний СГС конструкции ООО «НТ-Центр» на объектах подготовки нефти ПАО «Татнефть», договора ОПИ №08-16/120/07/114 от 28.01.2016г., было проведено опытно-промышленное испытание (ОПИ) струйно-гидравлического смесителя (СГС) Ду250 на УПВСН-2 «Кутема», НГДУ «Нурлатнефть». Смеситель был установлен на трубопроводе при входе в ЭД-3. Начало ОПИ - 08.07.2016г.

Ответственные исполнители проекта от разработчика: ДТН, профессор - Галиакбаров В.Ф., ДТН, профессор кафедры технологии нефти и газа УГНТУ - Сидоров Г.М., заместитель ген. директора ООО «НТ-Центр» по производству - Яхин Б.А.

Цель проведения ОПИ: подтверждение эффективности работы смесителя в процессе обессоливания нефти при непостоянных технологических параметрах работы установки (в т.ч. состав сырой нефти, содержания солей и воды и т.п.).

В процессе проведения ОПИ установлено, что применение СГС позволило:

- Стабилизировать содержание солей после отстаивания промытой нефти в ЭД-3, при загрузке нефти 150 м³/час.
- Среднее значение расхода воды составило 3,5 м³/час, что составляет менее 3 % на количество нефти на входе. По сравнению с аналогичным периодом прошлого года среднее снижение удельного расхода пресной промывочной воды на 1тн нефти составило – 10-15%.

Вывод: опытно-промышленные испытания струйно-гидравлического смесителя СГС конструкции ООО «НТ-Центр» на УПВСН-2, НГДУ «Нурлатнефть», установленного на входе в ЭД-3, показал высокую эффективность СГС в процессе перемешивания сырой нефти с промывочной водой и обессоливания нефти. Это позволило стабилизировать работу установки при различных режимах и качестве сырой нефти, а также снизить удельные материальные затраты (пресная вода) на подготовку 1тн нефти.

Главный технолог НГДУ «Нурлатнефть»

Вед. инженер-технолог ОГТ НГДУ «Нурлатнефть»

Начальник ЦКППН УПВСН-2 «Кутема»

Технолог УПВСН-2 «Кутема»

Зам. ген. директора ООО «НТ-Центр»

С.А. Трубкин

Р.Р. Бакиров

С.Б. Рафиков

Р.А. Ярушкин

Б.А. Яхин

УТВЕРЖДАЮ

Главный инженер –
первый заместитель начальника
НГДУ «Бавлынефть»

НГДУ
«БАВЛЫНЕФТЬ»
А.А. Лаптев
2016г.

« » _____

АКТ

внедрения инновационной научно-технической продукции
«Струйный гидравлический смеситель» конструкции ООО «НТ-Центр» г.Уфа
для обессоливания нефти на УПН НГДУ «Бавлынефть»

Согласно утвержденной «Программе проведения испытаний СГС конструкции «НТ-Центр» от 22.01.2016 года на объектах подготовки нефти ПАО «Татнефть», договора ОПИ №06-16/0080/20/16/138 от 20.02.2016г. смесители для обессоливания нефти в количестве 3 шт. были установлены на блоке подготовки нефти (БПН) №3 (угленосная нефть) на УПН ЦППН НГДУ «Бавлынефть»: СГС №1 на общем входном коллекторе 1 ступени обезвоживания перед отстойниками нефти О-4, О-5 объемом по V-200м³; СГС №2-на общем входном коллекторе 2 ступени обезвоживания перед отстойником нефти О-6 объемом V-200м³; СГС №3-на общем входном коллекторе ступени обессоливания ЭДГ-5,6 (место установки на выходном коллекторе после О-6) блока подготовки нефти №3. Начало ОПИ - 01.07.2016г.

Было проведено опытно-промышленное испытание (ОПИ) струйно-гидравлического смесителя (СГС) на УПН НГДУ «Бавлынефть».

Ответственные исполнители проекта от разработчика: заместитель генерального директора «НТ-Центр» по научной работе, д.т.н., профессор кафедры технологии нефти и газа УГНТУ Сидоров Г.М; заместитель генерального директора «НТ-Центр» по производству Яхин Б.А.; ассистент кафедры НХТ УГНТ Ахметов Р.Ф.

Цель проведения ОПИ: подтверждение эффективности работы СГС в процессе обессоливания нефти на УПН при непостоянных технологических параметрах работы установки (в т.ч. состав сырой нефти, содержания солей и воды и т.п.); обеспечение качества подготовки нефти в соответствии с требованиями ГОСТ Р 51858-2002: по хлоридам на выходе блока подготовки до 50 мг/л, и обводненность не более 0,25% масс.; увеличение производительности блока подготовки на 25% по товарной нефти.

В процессе проведения ОПИ несмотря на изменение содержание солей в исходной нефти в несколько раз (145-2750 мг/л), за счет использования смесителя СГС (нефть-вода) конструкции ООО «НТ-Центр» при расходе нефти 135-185 м³/ч было достигнуто содержание солей в нефти на выходе из электродегидраторов блока подготовки нефти №3 менее 50 мг/л, содержание воды в нефти менее 0,25 % масс.

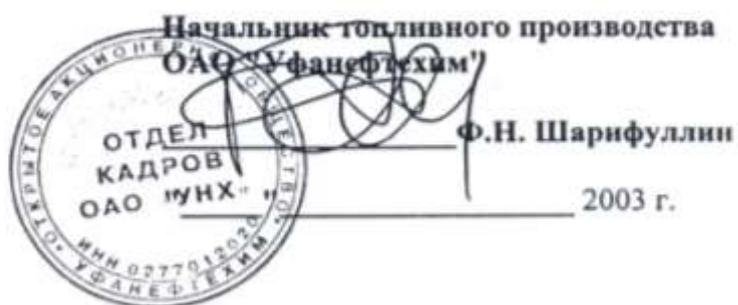
В ходе проведения ОПИ струйно-гидравлический смеситель показал эффективность работы в нестационарных режимных условиях. Смеситель СГС обеспечивает интенсивное перемешивания нефти с промывочной водой

Главный технолог НГДУ «Бавлынефть»
Начальник ЦППН НГДУ «Бавлынефть»
Зам. ген. директора ООО «НТ-Центр, д.т.н., профессор
Зам. ген. директора ООО «НТ-Центр»

Т.А. Юсупов
А.С. Асылгареев
Г.М. Сидоров
Б.А. Яхин

"УТВЕРЖДАЮ"

Начальник топливного производства
ОАО "Уфанефтехим"
Ф.Н. Шарифуллин
2003 г.



А К Т
внедрения смесителей
для обессоливания и обезвоживания нефти
на установках ЭЛОУ-4,5; ЭЛОУ-АВТ-3
конструкции ООО "НТ-Центр"

Смесители для повышения эффективности обессоливания и обезвоживания нефти конструкции ООО "НТ-Центр" (патент РФ № 2178449) установлены на установках ЭЛОУ-4,5; ЭЛОУ-АВТ-3 топливного производства ОАО "Уфанефтехим". Достигнуто устойчивое содержание хлористых солей 1-2 мг/л смеси башкирских и тюменских нефтей, расход пресной воды составляет 4-5% на нефть при противоточной схеме. Результаты промышленных испытаний подтвердили эффективность техники и технологии обессоливания по патенту РФ № 2178449.

Ведущий инженер-технолог

И.Н. Нуруллин

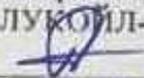
Ведущий инженер-механик

Р.С. Тухбатуллин



УТВЕРЖДАЮ

Начальник Управления технологии
добычи нефти и газа
ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ»

 С.В. Меркушев

« 16 » 12 2019г.

АКТ

внедрения инновационной научно-технической продукции
«Струйный гидравлический смеситель» конструкции ООО «НТ-Центр» для
обессоливания нефти на УППН «Константиновка» ЦДНГ №6 ООО «Лукойл-Пермь»

Согласно утвержденной «Программе проведения опытно-промышленных испытаний струйных гидравлических смесителей СГС с вихревым устройством производства ООО «НТ-Центр» на УППН «Константиновка» ЦДНГ №6 ООО «Лукойл-Пермь» были поставлены: смеситель СГС с вихревым устройством Ду300 для I-ступени обессоливания нефти и смеситель СГС с вихревым устройством для II-ступени обессоливания нефти в исполнении Ду200.

Смеситель СГС Ду300 был установлен на входном нефтепроводе перед нефтеотстойниками: О-1/1, О-1/2, О-1/3. Смеситель СГС Ду200 был установлен на входном нефтепроводе перед нефтеотстойниками: О-2/1и О-2/2. Дата запуска смесителей 18.12.2018г.

Ответственные исполнители проекта от разработчика: д.т.н., профессор кафедры технологии нефти и газа УГНТУ - Сидоров Г.М.; заместитель ген. директора ООО «НТ-Центр» по производству - Яхин Б.А.

Цель проведения ОПИ: подтверждение эффективности работы смесителей СГС с вихревым устройством в процессе обессоливания нефти на УППН «Константиновка», при непостоянных технологических параметрах работы установки (в т.ч. состав сырой нефти, содержания солей и воды); обеспечение качества подготовки нефти в соответствии с требованиями ГОСТ Р51858-2002 содержание солей не более 100 мг/л и остаточное содержание воды не более 0,5% масс.

Опытно-промышленные испытания струйно-гидравлических смесителей СГС конструкции ООО «НТ-Центр» на УППН «Константиновка» показали высокую эффективность их применения в процессе обессоливания нефти. Внедрение смесителей СГС позволило стабильно получать товарную нефть с содержанием хлористых солей не более 80 мг/л независимо от изменений содержания солей в сырой нефти до входа на установку в широком диапазоне (от 350 до1800 мг/л и более). При этом расход пресной воды на обессоливание составил не более 3,5-4,0 м³/ч на смеситель СГС первой ступени обессоливания и 2,5-4,0 м³/ч на смеситель СГС второй ступени обессоливания нефти. Расход пресной воды на обессоливание снижен почти в 2 раза.

Начальник ЦДНГ №6

Зам. ген. директора ООО «НТ-Центр, д.т.н., профессор

Зам. ген. директора ООО «НТ-Центр»

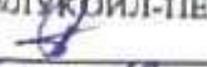
 В.В. Третьяков

Г.М. Сидоров

Б.А. Яхин

УТВЕРЖДАЮ

Начальник Управления технологии
добычи нефти и газа
ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ»


С.В. Меркушев
« 16 » 12 2019г.

АКТ

внедрения инновационной научно-технической продукции
«Струйный гидравлический смеситель» конструкции ООО «НТ-Центр» г.Уфа
для обессоливания нефти на УППН «Куеда» ЦДНГ №2, ООО «Лукойл-Пермь»

Согласно утвержденной «Программе проведения опытно-промышленных испытаний струйных гидравлических смесителей СГС с вихревым устройством производства ООО «НТ-Центр» на УППН «Куеда» ЦДНГ №2 ООО «Лукойл-Пермь» были поставлены: смеситель СГС с вихревым устройством Ду300 для обессоливания нефти потока «Куединский» и смеситель СГС с вихревым устройством для обессоливания нефти Ду300 с переходом на Ду200 потока «Гожанский».

Смеситель СГС Ду300 был установлен на входном нефтепроводе перед электродегидраторами ЭГ-1, ЭГ-2 и ЭГ-3. Смеситель СГС Ду300 с переходом на Ду200 был установлен на входном нефтепроводе перед электродегидраторами ЭГ-4, ЭГ-5 и ЭГ-6. Дата запуска смесителей на потоке «Куединский» 16 октября 2019г., на потоке «Гожанский» 14 октября 2019г.

Ответственные исполнители проекта от разработчика: д.т.н., профессор кафедры технологии нефти и газа УГНТУ, зам. ген. директора ООО «НТ-ЦЕНТР» по науке - Сидоров Г.М.; заместитель ген. директора ООО «НТ-Центр» по производству - Яхин Б.А., ведущий специалист - Яхин Я.Б.

Цель проведения ОПИ: подтверждение эффективности работы смесителей СГС с вихревым устройством в процессе обессоливания нефти на УППН «Куеда», при непостоянных технологических параметрах работы установки; обеспечение качества подготовки нефти в соответствии с требованиями ГОСТ Р51858-2002 содержание солей не более 100 мг/л и остаточное содержание воды не более 0,5% масс.

Опытно-промышленные испытания струйно-гидравлических смесителей конструкции ООО «НТ-Центр» на УППН «Куеда» показали высокую эффективность их применения в процессе обессоливания нефти. Внедрение смесителей СГС позволило стабильно получать товарную нефть на потоке «Куединский» с содержанием хлористых солей от 58 до 85 мг/л, остаточным содержанием воды от 0,27 до 0,50 % масс. при расходе пресной воды 6,9-7,5 м³/ч; на потоке «Гожанский» содержание хлористых солей составило от 55 до 88 мг/л, остаточное содержание воды от 0,18 до 0,45 % масс. при расходе пресной воды 4,8-5,3 м³/ч.

Начальник ЦДНГ №2

Начальник УППН «Куеда»

Зам. ген. директора ООО «НТ-Центр, д.т.н., профессор

Зам. ген. директора ООО «НТ-Центр»


В.М. Ягодкин


В.В. Жданов


Г.М. Сидоров


Б.А. Яхин

УТВЕРЖДАЮ

Главный инженер-первый заместитель начальника
НГДУ «Джалильнефть» по производству
ПАО «Татнефть» имени В.Д. Шашина
Р.А. Ахметшина



» _____ 2016г.

**внедрения инновационной научно-технической продукции
«Струйный гидравлический смеситель» для обессоливания нефти**

Необходимость проведения опытно-промышленные испытания (ОПИ) послужило нестабильное обессоливание нефти в процессе подготовки нефти по существующей технологии и частые остановки с целью чистки и наладки существующего устройства по обессоливанию нефти. Задача достижение стабильной бесперебойной работы установки по обессоливанию нефти на первом блоке подготовки нефти перед ЭД-1, ЭД-2 Сулеевской ТХУ ЦКППН-1 и уменьшение количества промывочной воды.

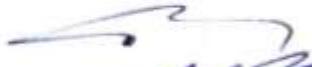
Согласно утвержденной программе проведения испытаний смесителей СГС конструкции ООО «НТ-Центр» на объектах подготовки нефти ПАО «Татнефть» и договора ОПИ №05-16 10070/20/287 от 25.02.2016г. было проведено опытно-промышленное испытание струйно-гидравлических смесителей в количестве 2 шт. в период с 01.04.2016 по 30.04.2016 г. на Сулеевской ТХУ ЦКППН-1.

Цель проведения ОПИ: подтверждение эффективности работы струйно-гидравлического смесителя для обессоливания нефти в промышленных условиях (постоянно меняющегося качества нефти, содержания солей и воды и частые остановки на ремонт).

Струйные гидравлические смесители СГС (нефть-вода) для обессоливания нефти в количестве 2 шт. были установлены на первом блоке подготовки нефти перед ЭД-1, ЭД-2 Сулеевской ТХУ ЦКППН-1 ПАО «Татнефть» имени В.Д. Шашина. Ответственные исполнители проекта от разработчика: заместитель ген. директора ООО «НТ-Центр» по научной работе, ДТН, профессор кафедры технологии нефти и газа УГНТУ Сидоров Г.М., заместитель ген. директора ООО «НТ-Центр» по производству Яхин Б.А.

В процессе проведения ОПИ были достигнуты минимальные значения содержания солей в нефти на выходе из электродегидратора менее 60 мг/л при значении содержания солей на входе 120 - 160 мг/л. При этом расход воды составлял менее 3 % на нефть (менее 2м³ на СГС перед ЭД-1 и менее 1м³ на СГС перед ЭД-2).

В ходе проведения ОПИ струйно-гидравлические смесители показали высокую эффективность работы в заданных режимах. Смеситель СГС обеспечивает интенсивное перемешивания нефти с промывочной водой и эффективное обессоливание нефти, а так же бесперебойную работу установки.

Главный технолог НГДУ «Джалильнефть»  И.Н. Саттаров

Вед. Инженер ОГТ НГДУ «Джалильнефть»  Р.М. Фазлыев

Зам. ген. директора ООО «НТ-Центр, д.т.н., профессор  Г.М.Сидоров

Зам. ген. директора ООО «НТ-Центр»  Б.А. Яхин

УТВЕРЖДАЮ

Главный инженер-первый заместитель начальника
НГДУ «Азнакаевскнефть» по производству
ПАО «Татнефть» имени В.Д. Шашина
Файзуллин Р.И.



_____ 2016г.

АКТ

внедрения инновационной научно-технической продукции
«Струйный гидравлический смеситель» для обессоливания нефти
на УКПН НГДУ «Азнакаевскнефть»

Необходимость проведения опытно-промышленные испытания (ОПИ) послужило нестабильное обессоливание нефти в процессе подготовки нефти по существующей технологии.

Задача ОПИ: достижение стабильной бесперебойной работы установки по обессоливаю нефти и регулирование количества подачи пресной воды для промывки нефти на УКПН НГДУ «Азнакаевскнефть».

Согласно утвержденной программе проведения испытаний смесителей СГС конструкции ООО «НТ-Центр» на объектах подготовки нефти ПАО «Татнефть» и договора ОПИ №04-16/0030/23/15 от 08.06.2016г. было проведено опытно-промышленное испытание струйно-гидравлического смесителя СГС Ду300.

Цель проведения ОПИ: подтверждение эффективности работы струйно-гидравлического смесителя для обессоливания нефти в промышленных условиях (постоянно меняющегося качества нефти, содержания солей и воды).

Струйные гидравлические смесители СГС (нефть-вода) Ду300 для обессоливания нефти в количестве 2 шт. были установлены 25.08.2016 года на УКПН, на трубопроводе подачи нефти перед ШО-2/1 и ШО 2/2 и перед ШО-1/1 и ШО-1/2. ОПИ проведено с 26.08.2016 по 20.10.2016г.

Ответственные исполнители проекта от разработчика: д.т.н., профессор Галиакбаров В.Ф.; заместитель генерального директора ООО «НТ-Центр» по научной работе, д.т.н., профессор кафедры технологии нефти и газа УГНТУ Сидоров Г.М, зам. генерального директора «НТ-Центр» по производству Яхин Б.А.

В процессе проведения ОПИ установлено, что применение смесителя СГС позволяет проводить обессоливание всей нефти, поступающей на установку, через один блок. При расходе сырья $330-335 \text{ м}^3/\text{час}$, содержанием хлористых солей $237-734 \text{ мг/л}$, подача пресной воды на обессоливание в количестве $4,0-4,1 \text{ м}^3/\text{час}$, позволило получить обессоленную нефть с содержанием солей на выходе: $23 - 40 \text{ мг/л}$.

При расходе нефти на каждом блоке $190-230 \text{ м}^3/\text{час}$, содержанием хлористых солей $365-1350 \text{ мг/л}$, расход пресной воды на обессоливание снижено на левом и правом блоках до $2,5-3,0 \text{ м}^3/\text{час}$. Содержание хлористых солей в готовой нефти составило $23-36 \text{ мг/л}$, содержание остаточной воды $0,03-0,06 \text{ мг/л}$.

Вывод: в ходе проведения ОПИ струйно-гидравлический смеситель показал высокую эффективность работы. Смеситель СГС обеспечивает высокую интенсивность перемешивание нефти с промывочной водой и эффективное обессоливание нефти.

Главный технолог НГДУ «Азнакаевскнефть»

Начальник ЦКППН НГДУ «Азнакаевскнефть»

Зам. ген. директора «НТ-Центр», д.т.н., профессор

Зам. ген. директора «НТ-Центр»

Н.М. Сахапов

Р.С. Мусин

Г.М. Сидоров

Б.А. Яхин

УТВЕРЖДАЮ



Главный инженер-первый заместитель начальника
по производству НГДУ «Нурлатнефть»

Р.Н. Ахмадиев

2016г.

АКТ

внедрения инновационной научно-технической продукции
«Струйный гидравлический смеситель» конструкции ООО «НТ-Центр» г.Уфа
для обессоливания нефти на УПВСН-1 «Андреевка» НГДУ «Нурлатнефть»

Необходимость проведения опытно-промышленные испытания (ОПИ) послужило нестабильное обессоливание нефти в процессе подготовки нефти по существующей технологии. Задача достижение стабильной бесперебойной работы установки по обессоливанию нефти и регулирование количества подачи пресной воды для промывки нефти на УПВСН-1 «Андреевка» НГДУ «Нурлатнефть».

Согласно утвержденной «Программе проведения испытаний СГС конструкции ООО «НТ-Центр» на объектах подготовки нефти ПАО «Татнефть», договора ОПИ №08-16/120/07/114 от 28.01.2016г. было проведено опытно-промышленное испытание (ОПИ) струйно-гидравлического смесителя (СГС) Ду200 на УПВСН-1 «Андреевка» НГДУ «Нурлатнефть». Смесители СГС в количестве 2 шт. были установлены на трубопроводе перед электродегидраторами ЭД-3, ЭД-4. Смесители был установлены перед ЭД-3 и ЭД-4 23.07.2016 г. и 26.08.2016г. Начало ОПИ - 26.08.2016г

Ответственные исполнители проекта от разработчика: д.т.н., профессор - Галиакбаров В.Ф.; д.т.н., профессор кафедры технологии нефти и газа УГНТУ - Сидоров Г.М.; к.т.н., доцент, ведущий специалист проектно-технологического института НХП - Марушкин А.Б., заместитель ген. директора ООО «НТ-Центр» по производству - Яхин Б.А..

Цель проведения ОПИ: подтверждение эффективности работы СГС в процессе обессоливания нефти на УПВСН при непостоянных технологических параметрах работы установки (в т.ч. состав сырой нефти, содержания солей и воды и т.п.).

В процессе проведения ОПИ установлено, что применение СГС позволило:

- стабилизировать содержание солей в товарной нефти
- среднее значение расхода воды составило 1,9-2,3 м³/час, что составляет менее 2 % на количество промываемой нефти.

Вывод: опытно-промышленные испытания струйно-гидравлического смесителя СГС конструкции «НТ-Центр» г.Уфа на УПВСН-1 «Андреевка» НГДУ «Нурлатнефть», установленного перед электродегидраторами ЭД-3 и ЭД-4 показали эффективность применения СГС в процессе перемешивания сырой нефти с промывочной водой и обессоливания нефти. Это позволило стабилизировать работу УПВСН-1 «Андреевка» при различных режимах и качестве сырой нефти, а также снизить удельные материальные затраты (пресная вода) на подготовку 1тн нефти.

Главный технолог НГДУ «Нурлатнефть»

Вед. инженер-технолог ОГТ НГДУ «Нурлатнефть»

Начальник УПВСН-1 НГДУ «Нурлатнефть»

Зам. ген. директора ООО «НТ-Центр, д.т.н., профессор

Зам. ген. директора ООО «НТ-Центр»

С.А. Трубкин

Р.Р. Бакиров

Р.М. Давлетшин

Г.М. Сидоров

Б.А. Яхин

УТВЕРЖДАЮ

Главный инженер-первый заместитель
начальника НГДУ «Прикамнефть»
ПАО «Татнефть» имени В.Д. Шашина



И.В. Волков

2015г.

АКТ

**использования инновационной научно-технической продукции
«Струйный гидравлический смеситель» для обессоливания нефти**

Необходимость проведения опытно-промышленные испытания (ОПИ) послужило недостаточное обессоливание нефти в процессе подготовки нефти по существующей технологии. Остаточное содержание солей составляло более 100 мг/л при условии подачи промывной воды 3-4 % на нефть, что превышало допустимую норму для первой группы нефти.

Согласно утвержденной программе и договора №1-15 от 30.06.2015г. были проведены опытно-промышленные испытания струйно-гидравлического смесителя в период с 04.08.2015 по 13.11.2015 г.

Цель проведения ОПИ: снижение количества хлористых солей до 75 мг/дм³.

Струйные гидравлические смесители СГС (нефть-вода) конструкции ООО «НТ-Центр» для обессоливания нефти в количестве 2 шт. были установлены перед электродегидраторами ЭД-3 04.08.2015г. и ЭД-4 14.10.2015г. на ЦППН-2 Ново-Суксинской УПВСН НГДУ «Прикамнефть» ПАО «Татнефть» имени В.Д. Шашина. Ответственные исполнители проекта от разработчика: зам ген. директора ООО «НТ-Центр» по научной работе, доктор технических наук, профессор кафедры технологии нефти и газа УГНТУ Сидоров Г.М.; зам ген. директора ООО «НТ-Центр» Яхин Б.А.; кандидат физико-математических наук, доцент УГНТУ Галиакбарова Э.В.

В процессе проведения ОПИ были достигнуты среднее значение содержание солей в нефти на выходе из электродегидратора 75 мг/л при значении содержания солей на входе 350 - 2000 мг/л. При этом расход воды составил 5-7 % на нефть.

В ходе проведения ОПИ струйно-гидравлический смеситель показал высокую эффективность работы в нестационарных режимных условиях. Смеситель СГС обеспечивает интенсивное перемешивания нефти с промывочной водой и эффективное обессоливание нефти.

от ООО «НТ-Центр»:

Генеральный директор

В.Ф. Галиакбаров

Зам. ген. директора ООО «НТ-Центр, д.т.н., профессор

Г.М.Сидоров

Зам. ген. директора ООО «НТ-Центр»

Б.А. Яхин

от НГДУ «Прикамнефть»:

Главный технолог

А.Р. Садриев

Начальник установки

С.А. Портнов

Инженер- технолог ЦППН-2

Р.Н. Фархутдинов

УТВЕРЖДАЮ

Главный инженер-первый заместитель начальника
НГДУ «Лениногорскнефть» по производству
ПАО «Татнефть» имени В.Д. Шашина
Габдрахманов Р. А.



2016г.

АКТ

внедрения инновационной научно-технической продукции «Струйный гидравлический смеситель» для обессоливания нефти

Основаниями для внедрения смесителя и проведения опытно-промышленных испытаний (ОПИ) послужили: утвержденная программа проведения испытаний смесителей СГС конструкции ООО «НТ-Центр» на объектах подготовки нефти ПАО «Татнефть» и договор ОПИ №03-16/0010/17/25 от 30.05.2016г..

Задача ОПИ: достижение стабильной бесперебойной работы установки по обессоливаю нефти и оптимизация количества пресной воды подаваемой для промывки нефти на Кама-Исмагиловской УПВСН, НГДУ «Лениногорскнефть».

Цель проведения ОПИ: подтверждение эффективности работы струйно-гидравлического смесителя для обессоливания нефти в промышленных условиях (постоянно меняющегося качества нефти, содержания солей и воды).

Струйный гидравлический смеситель СГС (нефть-вода) Ду200 для обессоливания нефти был установлен 09.09.2016г. на Кама-Исмагиловской УПВСН, НГДУ «Лениногорскнефть», на трубопроводе подачи нефти перед ЭД-2 второй ступени обессоливания. Ответственные исполнители проекта от разработчика: д.т.н., профессор - Галиакбаров В.Ф., д.т.н., профессор кафедры технологии нефти и газа УГНТУ - Сидоров Г.М, заместитель ген. директора ООО «НТ-Центр» по производству - Яхин Б.А.

В процессе проведения ОПИ за счёт применения смесителя СГС было достигнуто стабильное содержание солей в товарной нефти 50-55 мг/л при широком интервале изменения содержания солей нефти на входе (150 - 300 мг/л и более). При этом достигнуто сокращение расхода воды на 1,0-1.5м³/час на промывку последовательно подаваемой нефти на установку.

Вывод: опытно-промышленное испытание струйно-гидравлического смесителя СГС конструкции ООО «НТ-Центр» на Кама-Исмагиловской УПВСН НГДУ «Лениногорскнефть», установленного на трубопроводе подачи нефти перед ЭД второй ступени обессоливания, показал эффективность применения. В ходе проведения ОПИ струйно-гидравлический смеситель обеспечил высокую интенсивность перемешивания нефти с промывочной водой и эффективное обессоливание.

Главный технолог НГДУ «Лениногорскнефть»

Р.Р. Амеров

Мастер по подготовке нефти УПВСН

И.Г. Ахметханов

Зам. ген. директора «НТ-Центр», д.т.н., профессор

Г.М.Сидоров

Зам. ген. директора «НТ-Центр»

Б.А. Яхин

УТВЕРЖДАЮ

Главный инженер-первый заместитель начальник
НГДУ «Елховнефть» по производству

Д.В. Ксенофонтов

« _____ » _____ 2016г.



АКТ

внедрения инновационной научно-технической продукции
«Струйный гидравлический смеситель» конструкции ООО «НТ-Центр» г.Уфа
для обессоливания нефти на Кичуйской УПВСН НГДУ «Елховнефть»

Необходимость проведения опытно-промышленного испытания (ОПИ) послужило нестабильное обессоливание нефти в процессе подготовки нефти по существующей технологии. Задача - достижение стабильной бесперебойной работы установки по обессоливанию нефти и регулирование количества подачи пресной воды для промывки нефти на Кичуйской УПВСН.

Согласно утвержденной «Программы проведения испытаний СГС конструкции ООО «НТ-Центр» на объектах подготовки нефти ПАО «Татнефть», договора ОПИ №06-16/0080/20/16/138 от 20.02.2016г., было проведено опытно-промышленное испытание (ОПИ) смесителя (СГС) Ду200 на Кичуйской УПВСН НГДУ «Елховнефть». Смесители СГС в кол-ве 2шт. были установлены на трубопроводе перед электродегидраторами ЭД-1, ЭД-2. Начало ОПИ - 29.08.2016г

Ответственные исполнители проекта от разработчика: д.т.н., профессор - Галиакбаров В.Ф.; д.т.н., профессор кафедры технологии нефти и газа УГНТУ - Сидоров Г.М.; к.т.н., доцент, заместитель ген. директора ООО «НТ-Центр» по производству - Яхин Б.А..

Цель проведения ОПИ: подтверждение эффективности работы СГС в процессе обессоливания нефти на УПВСН при непостоянных технологических параметрах работы установки (в т.ч. состав сырой нефти, содержания солей и воды и т.п.).

В процессе проведения ОПИ установлено, что применение СГС позволило:

- стабилизировать содержание солей в товарной нефти 55-75 мг/л.
- среднее значение расхода воды до внедрения было 4-6 м³/час, после внедрения составило 3-3,5 м³/час, что составляет менее 2 % на количество промываемой нефти.

Вывод: опытно-промышленные испытания струйно-гидравлического смесителя СГС конструкции ООО «НТ-Центр» г.Уфа на Кичуйской УПВСН НГДУ «Елховнефть», установленного перед электродегидраторами ЭД-1 и ЭД-2 показали эффективность применения СГС в процессе перемешивания сырой нефти с промывочной водой и обессоливания нефти. Это позволило стабилизировать работу УПВСН при различных режимах и качестве сырой нефти, а также снизить удельные материальные затраты (пресная вода) на подготовку 1 тн нефти.

Главный технолог НГДУ «Елховнефть»

Начальник ЦКППН НГДУ «Елховнефть»

Начальник КУПВСН ЦКППН НГДУ «Елховнефть»

Зам. ген. директора ООО «НТ-Центр, д.т.н., профессор

Зам. ген. директора ООО «НТ-Центр»

Ф.З. Калимуллин

В.А. Хохлов

Е.В. Скворцов

Г.М. Сидоров

Б.А. Яхин

УТВЕРЖДАЮ

Главный инженер-первый заместитель начальника
НГДУ «Нурлатнефть» по производству



Р.Н. Ахмадиев
2017г.

А К Т

внедрения струйного гидравлического смесителя конструкции «НТ-ЦЕНТР» на установке
нейтрализации сероводорода и легких меркаптанов, на УПВСН-2, «Кутема», НГДУ
«Нурлатнефть»

Согласно утвержденной «Программе проведения испытаний СГС конструкции ООО «НТ-Центр» на объектах подготовки нефти ПАО «Татнефть», договора ОПИ №06-16/0080/20/16/138 от 20.02.2016г., смеситель СГС для смешения реагентов с нефтью был смонтирован 05.07.2017 года в количестве 1шт. перед колонной отдува сероводорода на установке нейтрализации сероводорода и легких меркаптанов при УПВСН-2 «Кутема».

Ответственные исполнители проекта от разработчика: д.т.н., профессор - Галиакбаров В.Ф.; д.т.н., профессор кафедры технологии нефти и газа УГНТУ - Сидоров Г.М.; заместитель ген. директора ООО «НТ-Центр» по производству - Яхин Б.А..

Было проведено опытно-промышленное испытание (ОПИ) смесителя СГС в период 14.08.2017 по 29.08.2017г. В процессе проведения ОПИ установлено, что применение СГС позволило добиться содержания сероводорода в товарной нефти 6,0 - 23,7 ppm при среднем содержании в исходной нефти от 85,5 до 213,0 ppm. При этом расход аммиачного раствора составил 35-40 кг/час, что на 40-50 % ниже чем до использования смесителя СГС.

Вывод: опытно-промышленные испытания струйно-гидравлического смесителя СГС конструкции ООО «НТ-Центр» г.Уфа на УПВСН-2 «Кутема» НГДУ «Нурлатнефть» показал эффективность применения СГС для смешения аммиачного раствора с нефтью в процессе нейтрализации сероводорода. Это позволило стабилизировать работу установки нейтрализации сероводорода и легких меркаптанов на УПВСН-2 при различных режимах и качестве сырой нефти, а также снизить удельные материальные затраты (расход реагента на 40-50 %) на подготовку 1тн нефти.

Главный технолог НГДУ «Нурлатнефть»

Начальник ЦКППН

Начальник УПВСН-2 «Кутема»

Зам. ген. директора ООО «НТ-Центр, д.т.н., профессор

Зам. ген. директора ООО «НТ-Центр»

С.А. Трубкин

И.Х.Фазлеев

Н.В. Жуков

Г.М. Сидоров

Б.А. Яхин

УТВЕРЖДАЮ

Главный инженер-первый заместитель начальника
НГДУ «Елховнефть» по производству
ПАО «Татнефть» имени В.Д. Шашин
Ксенофонтов Д.В.

2016г.

АКТ

внедрения инновационной научно-технической продукции
«Струйный гидравлический смеситель» для обессоливания нефти на Кичуйской ТХУ

Необходимость проведения опытно-промышленные испытания (ОПИ) послужило нестабильное обессоливание нефти в процессе подготовки нефти по существующей технологии.

Задача ОПИ: достижение стабильной бесперебойной работы установки по обессоливанью нефти и регулирование количества пресной воды для промывки нефти на Кичуйской ТХУ ЦКППН-1 НГДУ «Елховнефть».

Согласно утвержденной программе проведения испытаний смесителей СГС конструкции ООО «НТ-Центр» на объектах подготовки нефти ПАО «Татнефть» и договора ОПИ было проведено опытно-промышленное испытание смесителей СГС.

Цель проведения ОПИ: подтверждение эффективности работы струйно-гидравлического смесителя СГС для обессоливания нефти в промысловых условиях (постоянно меняющегося качества нефти, содержания солей и воды).

Струйные гидравлические смесители СГС (нефть-вода) Ду200, конструкции ООО «НТ-Центр» в количестве 2 шт. были установлены 03.10.2016 года на Кичуйской ТХУ, путём врезки в трубопровод подачи нефти перед электродегидраторами ЭД-1 и ЭД-2. Ответственные исполнители проекта от разработчика: зам. генерального директора ООО «НТ-Центр» по научной работе, д.т.н., профессор кафедры технологии нефти и газа УГНТУ Сидоров Г.М., зам. генерального директора ООО «НТ-Центр» по производству Яхин Б.А.

В процессе проведения ОПИ за счёт применения смесителя СГС было достигнуто стабильное содержание солей после ЭД-1: 16-35 мг/л, после ЭД-2 5,0 мг/л. При этом расход пресной воды на обессоливание снижено: на первой ступени с 2,5-3,0 до 1,5-2,0 м³/час, на второй ступени обессоливания: с 6,0 -8,0 до 3,0-3,5 м³/час. Использование смесителя СГС позволили уменьшить остаточное содержание воды после первой ступени обессоливания с 0,38-0,45 до 0,15 -0,12%, после второй ступени обессоливания с 0,15 -0,12% до 0,09 % масс.

В ходе проведения ОПИ струйно-гидравлический смеситель показал высокую эффективность работы. Смеситель СГС обеспечивает высокую интенсивность перемешивание нефти с промывочной водой и эффективное обессоливание нефти перед подачей в электродегидратор, а так же бесперебойную работу установки.

Главный технолог НГДУ «Елховнефть»

Ф.З. Калимуллин

Вед. инженер-технолог ОГТ НГДУ «Елховнефть»

А.Г. Аюпов

Начальник ЦКППН-1

В.А. Хохлов

Зам. ген. директора ООО «НТ-Центр», д.т.н., профессор

Г.М. Сидоров

Зам. ген. директора ООО «НТ-Центр»

Б.А. Яхин

УТВЕРЖДАЮ

Главный инженер-первый заместитель начальника
НГДУ «Альметьевнефть» по производству
ПАО «Татнефть» имени В.Д. Шашина
Рахманов А.Р.

2016г.

АКТ

внедрения инновационной научно-технической продукции «Струйный гидравлический смеситель» для обессоливания нефти

Основаниями для внедрения смесителя и проведения опытно-промышленных испытаний (ОПИ) послужили утвержденная программа проведения испытаний смесителей СГС конструкции ООО «НТ-Центр» на объектах подготовки нефти ПАО «Татнефть» и договор ОПИ.

Задача ОПИ: достижение стабильной бесперебойной работы установки по обессоливанию нефти и регулирование количества подачи пресной воды для промывки нефти на Миннибаевском УПВСН ЦПС ЦКППН-2 НГДУ «Альметьевнефть».

Цель проведения ОПИ: подтверждение эффективности работы струйно-гидравлического смесителя для обессоливания нефти в промышленных условиях (постоянно меняющегося качества нефти, содержания солей и воды).

Струйный гидравлический смеситель СГС (нефть-вода) Ду250 для обессоливания нефти в количестве 1 шт. был установлен 15.08.2016 года на Миннибаевском УПВСН ЦПС ЦКППН-2, на трубопроводе подачи нефти перед ЭД второй ступени обессоливания.

Ответственные исполнители проекта от разработчика: д.т.н., профессор Галиакбаров В.Ф., заместитель генерального директора ООО «НТ-Центр» по научной работе, д.т.н., профессор кафедры технологии нефти и газа УГНТУ Сидоров Г.М, зам. генерального директора ООО «НТ-Центр» по производству Яхин Б.А.

В процессе проведения ОПИ за счёт применения смесителя СГС было достигнуто снижение содержания солей на выходе после второй ступени обессоливания с 82-87 мг/л до 65-75 мг/л. При этом остаточное содержание воды в нефти снизилось с 0,25-0,30 % масс. до 0,15-0,20 % масс. Расход пресной воды на обессоливание уменьшился с 2,0-3,1 до 1,6-2,0 м³/час. При этом среднее значение расхода воды составило менее 2 % на нефть, поступающей на установку.

В ходе проведения ОПИ струйно-гидравлический смеситель показал высокую эффективность работы. Смеситель СГС обеспечивает высокую интенсивность перемешивание нефти с промывочной водой и эффективное обессоливание нефти.

Главный технолог НГДУ «Альметьевнефть»

А.В. Лебедев

Зам нач. ЦКППН-2 НГДУ «Альметьевнефть»

Д.В.Самойлов

Зам. ген. директора «НТ-Центр», д.т.н., профессор

Г.М.Сидоров

Зам. ген. директора «НТ-Центр»

Б.А. Яхин

УТВЕРЖДАЮ

Главный инженер-первый заместитель начальника
НГДУ «Ямашнефть» по производству
ПАО «Татнефть» имени В.Д. Шашина
Саеггареев Р.Х.



« _____ » _____ 2016г.

АКТ

**внедрения инновационной научно-технической продукции
«Струйный гидравлический смеситель» для обессоливания нефти**

Основанием для внедрения смесителя СГС и проведения опытно-промышленных испытаний (ОПИ) послужили утвержденная программа проведения испытаний смесителей СГС конструкции ООО «НТ -Центр» на объектах подготовки нефти ПАО «Татнефть» и договор ОПИ.

Задача ОПИ: достижение стабильной бесперебойной работы установки по обессоливаю нефти и регулирование количества подачи пресной воды для промывки нефти на УПВСН НГДУ «Ямашнефть».

Цель проведения ОПИ: подтверждение эффективности работы струйно-гидравлического смесителя для обессоливания нефти в промышленных условиях (постоянно меняющегося качества нефти, содержания солей и воды).

Струйный гидравлический смеситель СГС (нефть-вода) Ду200 для обессоливания нефти в количестве 1 шт. был установлен 21.10.2016 года на УПВСН, после печи ПТБ-10 на трубопроводе подачи нефти в колонну К-1 для отдувки сероводорода.

Ответственные исполнители проекта от разработчика: заместитель генерального директора «НТ-Центр» по научной работе, д.т.н., профессор кафедры технологии нефти и газа УГНГУ Сидоров Г.М, зам. генерального директора «НТ-Центр» по производству Яхин Б.А.

В процессе проведения ОПИ за счёт применения смесителя СГС было достигнуто снижение содержания солей в резервуаре РВС-5 на отметке 5м: *с 135-200 мг/л до 76-85 мг/л*, на отметке 9м: *с 106-130 мг/л до 65-70 мг/л*.

При содержании хлористых солей в сырье 850-2000 мг/ достигнуто стабильное содержание хлористых солей в товарной нефти *55-70 мг/л*. Расход пресной воды на обессоливание уменьшилось *с 8,0-11,0 до 7,0-8,0 м³/час*.

В ходе проведения ОПИ струйно-гидравлический смеситель показал высокую эффективность работы. Смеситель СГС обеспечивает высокую интенсивность перемешивание нефти с промывочной водой и эффективное обессоливание нефти.

Главный технолог НГДУ «Ямашнефть»

Хамидуллин Н.Ф.

Начальник УПВСН

Галеев Р.А.

Зам. ген. директора «НТ-Центр», д.т.н., профессор

Г.М.Сидоров

Зам. ген. директора «НТ-Центр»

Б.А. Яхин

ВЫПИСКА ИЗ ПРОТОКОЛА

12.12.2019

№ 86

г. Пермь

Заседания секции Научно-технического совета
по направлению «Добыча нефти и газа»

Председатель: Мазенин И.И.

Секретарь: Ломилова Ю.В.

Присутствовали:

от ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ»: Козлов В.Н., Габдульманов Р.В., Филимонов А.В., Колчин Д.В., Шубин И.В., Хисматулин С.Ю., Яскин А.Л.

от филиала ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «ПермНИПИнефть» в г. Перми:

Козлович И.Н., начальник Отдела техники и технологии добычи нефти и газа

от ООО «НТ-ЦЕНТР» (г. Уфа):

Яхин Б.А., Заместитель генерального директора;

Сидоров Г.М., профессор

ПОВЕСТКА ДНЯ:Инновационная деятельность

5. Отчет по опытно-промышленным испытаниям струйных гидравлических смесителей СГС конструкции «НТ-Центр» на УППН «Куюда» ЦДНГ-2.

Докладчик: Сидоров Георгий Маркелович, профессор ООО «НТ-ЦЕНТР»

По 5-ому вопросу СЛУШАЛИ Сидорова Г.М.

В соответствии с решением секции НТС по направлению «Добыча нефти и газа» (протокол от 26.08.2019 № 64) ООО «НТ-Центр» за период октябрь-ноябрь 2019 года проведены опытно-промысловые испытания (ОПИ) струйных гидравлических смесителей СГС собственной разработки на УППН «Куюда» с целью:

- подтверждения эффективности работы смесителей СГС с вихревым устройством в процессе обессоливания нефти при непостоянных технологических параметрах работы установки (в т.ч. состав сырой нефти, содержания солей и воды);

- подтверждения обеспечения стабильного качества подготовки нефти в соответствии с требованиями ГОСТ Р51858-2002 (содержание солей не более 100 мг/л и остаточное содержание воды не более 0,5% масс).

Согласно программе ОПИ были поставлены смеситель СГС с вихревым устройством (нефть-вода) Ду300 Ру16 (исполнение через переходы с Ду300 на Ду200) для Гожанского потока нефти в количестве 1 шт. и смеситель СГС с вихревым устройством (нефть-вода) для Куединского потока нефти в исполнении Ду300 Ру16 в количестве 1 шт.

В результате ОПИ показали:

- смесители СГС позволили получать стабильно обессоленную нефть в соответствии требованиям первой группы качества при различных режимах и качестве сырой нефти;
- применение СГС позволило снизить давление пресной воды на обессоливание с 1,2-3,2 МПа до 0,85-1,1 МПа, перепад давления нефти в смесителях с 0,05-0,1 до 0,020-0,025МПа.

По результатам обсуждения по 5-ому вопросу секцией НТС принято **РЕШЕНИЕ:**

5.1. Признать опытно-промышленные испытания струйных гидравлических смесителей СГС разработки ООО «НТ-Центр» успешными.

5.2. Филиалу «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «ПермНИПИнефть» при подготовке проектных решений при реконструкции УППН использовать в качестве альтернативы смесителям УПОН, РГД, СПВ смесители СГС разработки ООО «НТ-Центр».

Председатель

И.И. Мазенин

Секретарь секции НТС

Ю.В. Ломилова

Верно

Ведущий инженер

Отдела управления проектами

20.12.2019



Ю.В. Ломилова

Ю.В. Ломилова

ВЫПИСКА ИЗ ПРОТОКОЛА №39секции Научно-технического совета
по направлению «Добыча нефти и газа»

г. Пермь

21.06.2018

Председатель: Мазенин И.И.

Секретарь: Волегова Е.А.

Присутствовали:

от ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ»: Козлов В.Н., Шилов А.С., Селезнев В.В., Меркушев С.В., Филимонов А.В., Корекоев А.В., Никулин В.А., Брезгин А.Р., Мазенин Е.А., Чмырь А.В., Драничников А.В., Дурбажеев А.Ю., Бурылов А.А., Фаткулина Е.Г., Устинов А.Н., Яскин А.Л.

от филиала ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «ПермНИПИнефть» в г. Перми:

Цыкулаев К.Ю., Начальник Управления техники и технологии добычи нефти и газа;
Аликин А.Я., Главный инженер проекта.

от ООО «НТ-ЦЕНТР» (г. Уфа):

Сидоров Г.М., Д.Т.Н., профессор;
Яхин Б.А., заместитель Генерального директора.

ПОВЕСТКА ДНЯ:

Инновационная деятельность

1. Струйные гидравлические смесители СГС с вихревым устройством.
Докладчик: Сидоров Георгий Маркелович, Д.Т.Н., профессор ООО «НТ-ЦЕНТР».

По 1-ому вопросу СЛУШАЛИ Сидорова Г.М.

ООО «НТ-ЦЕНТР» занимается разработкой высокотехнологичных интеллектуальных систем для добычи, подготовки и переработки нефти и конденсатов, а так же транспортировки ее по трубопроводу. На счету предприятия более 100 патентов на изобретения, в т.ч. международные. Предприятие создано на базе Уфимского Государственного Нефтяного Технического Университета (УГНТУ).

Струйный гидравлический смеситель (СГС) конструкции ООО «НТ-ЦЕНТР» для резервуаров обеспечивает эффективное перемешивание нефтепродуктов при добавлении различных компонентов с целью получения нефтепродуктов с необходимыми свойствами, так же эффективно применяются в борьбе с донными отложениями. Смесители СГС работают за счет потенциальной энергии потока струи жидкости в трубопроводе.

Преимущества смесителя СГС:

- отсутствие подвижных, вращающихся частей (нет вибрации и нет нагрузки на стенки резервуаров);
- не требует подвода электроэнергии, безопасен;
- простота в монтаже и обслуживании;
- высокая эффективность смешивания;

- рациональная организация смешиваемых потоков в резервуарах любых типов, размеров.
- большой срок службы (более 10 лет).

Смесители для подготовки нефти (для обессоливания Н-В, защелачивания Н-Щ).

1. Смесители «нефть-вода» предназначены для эффективного смешения нефти и воды; обеспечивают эффективное обессоливание и обезвоживание нефти и значительно уменьшают количество расхода воды.

2. Смесители «нефть-щелочь» предназначены для смешения нефти и щелочи (реагентов); обеспечивают эффективное смешение реагентов с нефтью, существенно уменьшают количество коррозионных хлоридов и значительную экономию реагентов.

Смесители СГС работают за счёт использования энергии струи потока нефти в трубопроводе, не требуют применения дополнительных насосов.

По результатам обсуждения по 1-ому вопросу секцией НТС принято **РЕШЕНИЕ:**

1.1. Принять к сведению.

1.2. Рекомендовать предприятию ООО «НТ-ЦЕНТР» подготовить программу ОПИ и провести опытно-промышленные испытания струйных гидравлических смесителей на объектах ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ» за счет собственных средств.

Отв.: Сидоров Г.М., Яхин Б.А.

Председатель

И.И. Мазенин

Секретарь секции НТС

Е.А. Волегова

Верно
Инженер 1 категории
Отдела управления проектами
10.07.2018



Е.А. Волегова

Территориально-производственное предприятие «РИТЭК-Самара-Нафта»

« 21 » 03 2018г.

№ РЕН-523

Адрес: Россия, 443041, г. Самара, ул. Ленинская,
д.120А тел. (846) 273-33-22
факс (846) 273-33-20 www.ritek.ru
e-mail: office@samara-nafta.ru

Техническому директору
ООО «НТ-ЦЕНТР»

Б.А. Яхину

Отзыв о работе оборудования
производства ООО «НТ-Центр»

Уважаемый Булат Ахметович!

В сентябре 2017г. ООО «НТ-Центр» поставил струйные гидравлические смесители СГС (нефть-вода) Ду250 в количестве 2 шт. на УПН «Аксеновская» ТПП «РИТЭК-Самара-Нафта» предназначенных для смешения пресной и слабоминерализованной воды с нефтью. Смесители были смонтированы в существующую схему (технологию) подготовки нефти:

- смеситель СГС-№1 установлен на общем входном коллекторе 1ой ступени обезвоживания и обессоливания нефти перед электродегидраторами: ЭДГ-1 и ЭДГ-2;
- смеситель СГС-№2 установлен на общем входном коллекторе 2ой ступени обезвоживания и обессоливания нефти перед электродегидраторами; ЭДГ-3 и ЭДГ-4.

Показатели работы струйных гидравлических смесителей СГС (нефть-вода) Ду250

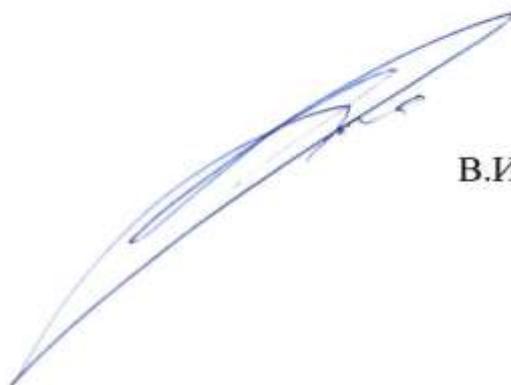
Показатели	Ед.изм.	Показания до внедрения СГС	Показания после внедрения СГС
Объем нефти поступающей на установку	м ³ /час	100-125	100-125
Расход пресной воды для промывки нефти	м ³ /час	11,5	7,5
Содержание хлористых солей в нефти на входе	мг/л	400-4000	400-4000
Содержание хлористых солей в нефти на выходе	мг/л	104-207	68,2-91,8
Среднее содержание воды в подготовленной нефти	% масс	0,5-0,6	0,31-0,36
Расход деэмульгаторов	г/т	62-90	60-72

Применение смесителей СГС обеспечило:

- стабильную, бесперебойную работу блока подготовки нефти;
- среднесуточное содержание хлористых солей в подготовленной нефти не выше- 80 мг/л;
- сокращение расхода пресной воды составило 34,8%.

В ходе эксплуатации струйный гидравлический смесители СГС показали высокую эффективность работы в нестационарных режимных условиях, обеспечили интенсивное смешение нефти с промывочной водой и эффективное обессоливание нефти. Применение смесителей СГС конструкции «НТ-Центр», может быть рекомендован к промышленному применению в процессе обессоливания и обезвоживания нефти на установках подготовки нефти.

И.о. главного инженера
ТПП «РИТЭК-Самара-Нафта»



В.И. Буга

Исполнитель: 
И.В. Галиев
(846) 273 33 22, (вн. 1135)
IGaliyev@samara-nafta.ru

Генеральному директору
ООО «НТ-ЦЕНТР»
Профессору Галиакбарову В.Ф.

Отзыв по работе оборудования

Струйный гидравлический смеситель МЕ-100 Ду.100, Ру-1,6 МПа, зав. № 060 предназначенный для смешения жидких сред технологического конденсата и серной кислоты.

Рабочие параметры:

Среда: - серная кислота H_2SO_4 - 93%
- технологический конденсат

Р раб.: - серной кислоты – 1,2 МПа
- тех. конденсата – 0,81 МПа

Т раб.: - серной кислоты 25 °С.
- тех. конденсат 35-55 °С.

Производительность: - по H_2SO_4 - 0,045 м³/час.
- по тех. конденсату – 8,0 м³/час

Изготовлен 27.05.2019 г. ООО «НТ-ЦЕНТР», г. УФА.

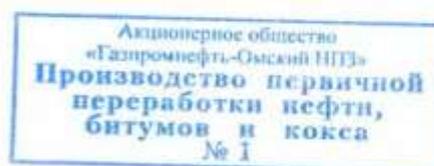
Смеситель МЕ-100 установлен на трубопроводе № 603 блока очистки технологического конденсата (БОТК). Введен в эксплуатацию 26.12.2019 г. общая наработка составила 2184 часов.

С начала времени эксплуатации при изменении технологического режима, увеличении или снижении загруженности блока сульфидно-щелочных стоков отказов в работе смесителя не зафиксировано, коррозионного износа внутренних частей смесителя МЕ-100 не обнаружено. Применение футеровки вводного штуцера смесителя МЕ-100 и замена материального исполнения завихрителя кислоты смесителя со стали 10X17H13M2T на фторопласт Ф-4 положительно повлияла на бесперебойную работу блока сульфидно-щелочных стоков блока очистки технологического конденсата установки 21-10/3М.

За время работы смеситель показал высокую эффективность работы при смешении жидких сред технологического конденсата и серной кислоты.

Начальник комплекса битумов и кокса
производства №1 АО «Газпромнефть-ОНПЗ»

А.В. Альт



Правительство Республики Башкортостан
ФБУ «ЦСМ Республики Башкортостан»
Башкирское региональное отделение Академии проблем качества
Региональное отделение Всероссийской организации качества в РБ



ДИПЛОМ

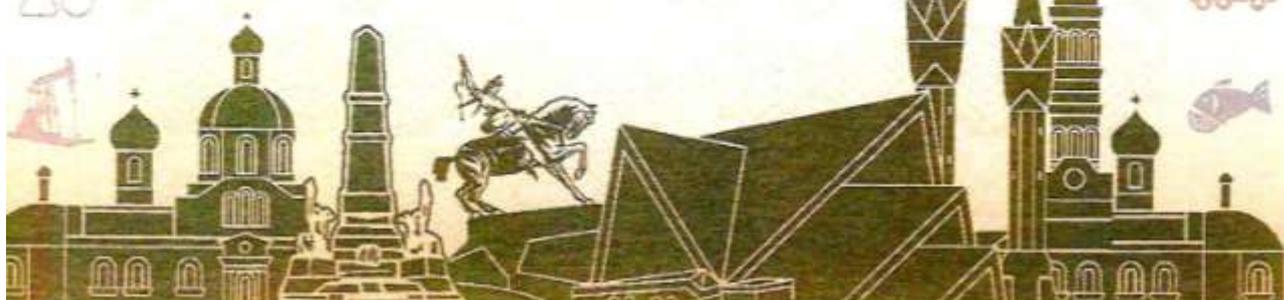
ЛАУРЕАТА
республиканского конкурса
«Лучшие товары Башкортостана»

**Струйный гидравлический смеситель
с вихревыми устройствами**

ООО «НТ-Центр», г. Уфа

Исполняющий обязанности
заместителя Премьер-министра
Правительства Республики Башкортостан

Р.Р. Абдрахимов



“Основная установка всей нашей научной работы -
прежде всего содействие процветанию нашей великой Родины”

И.М. Губкин

ДИПЛОМ

ЦЕНТРАЛЬНОЕ ПРАВЛЕНИЕ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА
НЕФТЯНИКОВ И ГАЗОВИКОВ
имени академика И.М. ГУБКИНА

награждается

Яхин

Булат Ахметович

автор работы:

*Научно-техническая работа
«Разработка и внедрение струйных аппаратов
с вихревыми устройствами в
нефтепереработке и нефтедобыче»*

удостоенной

Премии имени академика И.М. Губкина

Председатель ЦП НТО НГ
имени академика И.М. Губкина



В.Г. Мартынов

№ 16.10.31



QUALITY
INNOVATION
AWARD



ДИПЛОМ

ФГБОУ ВО "УФИМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ"

за победу в региональном этапе международного конкурса
"Качество Инноваций" в Республике Башкортостан
в номинации "Инновации в организациях численностью персонала
до 5000 работников" за инновацию "Струйный гидравлический
смеситель с вихревыми устройствами"

Национальный менеджер
конкурса "Качество Инноваций"
в Российской Федерации

А.А. Сафонов
29.08.2019



ВСЕРОССИЙСКИЙ КОНКУРС ПРОГРАММЫ
«100 ЛУЧШИХ ТОВАРОВ РОССИИ»

ЛАУРЕАТ

**Струйный гидравлический смеситель
с вихревыми устройствами**

ООО «НТ-Центр»

Республика Башкортостан

Диплом № 2019020103901



Первый вице-президент
МОО «Академия проблем качества»,
Заместитель председателя
совместного Совета по качеству

Б.В.Бойцов

Москва
2019



Фән һәм техника өлкәсендә
Татарстан Республикасының Дәүләт премиясе
лауреаты

Д М П Л О М Ы

№ 986

ЯХИН

Булат Әхмәт улына

«Нефть һәм нефть продукциясы өлкәсендә һәм нефть
продукциясында һәм атомның көчләрен, кайсы һәм атомны энергияләрен
булган инновацияле апаратларын эшләү һәм аларын таныткан һәм
кухланмаша көртү» гадәтте өчен

БИРЭЛДЭ

Татарстан Республикасы
Президенты


Р.Н. МИНСИЕВИЧ

2019 ел



Д М П Л О М

№ 986

лауреата Государственной премии Республики
Татарстан

в области науки и техники

ВЫДААН

ЯХИНУ

Булату Ахметовичу

За работу «Разработка и создание промышленной системы
инновационных структур: аппаратов с встроенным устройством
в процессе подготовки и переработки нефти и нефтепродуктов»

Президент
Республики Татарстан



Р.Н. МИНСИЕВИЧ

2019 ел



**О присуждении Государственных премий Республики Татарстан
в области науки и техники в 2019 году**

Рассмотрев предложения Комиссии при Президенте Республики Татарстан по Государственным премиям Республики Татарстан в области науки и техники, **постановляю:**

Присудить в 2019 году Государственные премии Республики Татарстан в области науки и техники и присвоить звание «Лауреат Государственной премии Республики Татарстан в области науки и техники»:

1. За работу «Инновационные технологии в диагностике и лечении заболеваний венозной системы»:

Игнатьеву Игорю Михайловичу, доктору медицинских наук, профессору, члену-корреспонденту Академии наук Республики Татарстан, главному специалисту по направлению сосудистой хирургии государственного автономного учреждения здравоохранения «Межрегиональный клинико-диагностический центр», руководителю работы;

Бредихину Роману Александровичу, доктору медицинских наук, доценту, заведующему отделением сосудистой хирургии государственного автономного учреждения здравоохранения «Межрегиональный клинико-диагностический центр»;

Ахметзянову Рустему Вилевичу, кандидату медицинских наук, врачу-сердечно-сосудистому хирургу отделения сосудистой хирургии государственного автономного учреждения здравоохранения «Межрегиональный клинико-диагностический центр».

2. За работу «Разработка и широкое промышленное внедрение инновационных струйных аппаратов с вихревыми устройствами в процессах подготовки и переработки нефти и нефтепродуктов»:

Бахтизину Рамилю Назифовичу, доктору физико-математических наук, профессору, действительному члену Академии наук Республики Башкортостан, ректору федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет», руководителю работы, г. Уфа;

Авзалетдинову Айдару Габбасовичу, ведущему инженеру службы подготовки и сдачи нефти исполнительного аппарата публичного акционерного общества «Татнефть» имени В.Д. Шашина, г. Альметьевск;

Алиеву Мехрали Мирзали оглы, доктору технических наук, профессору кафедры «Нефтегазовое оборудование и технологии машиностроения» государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Альметьевский государственный нефтяной институт», г. Альметьевск;

Галиакбарову Вилю Файзуловичу, доктору технических наук, профессору, генеральному директору общества с ограниченной ответственностью «НТ-Центр», г. Уфа;

Нургалиеву Роберту Загитовичу, временно исполняющему обязанности ректора государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Альметьевский государственный нефтяной институт», г. Альметьевск;

Сидорову Георгию Маркеловичу, доктору технических наук, профессору кафедры «Технология нефти и газа» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет», г. Уфа;

Трубкину Сергею Анатольевичу, ведущему эксперту службы подготовки и сдачи нефти нефтегазодобывающего управления «Нурлатнефть» публичного акционерного общества «Татнефть» имени В.Д. Шашина, г. Нурлат;

Яхину Булату Ахметовичу, заместителю генерального директора общества с ограниченной ответственностью «НТ-Центр», г. Уфа.

**Президент
Республики Татарстан**



Р.Н. Минниханов

Казань, Кремль
22 ноября 2019 года
№ УП-701