

АЗЕРБАЙДЖАНСКАЯ РЕСПУБЛИКА

На правах рукописи

**РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ
СТИМУЛЯТОРОВ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ
ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ИМПУЛЬСОВ ДЛЯ
ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ОСЛОЖНЕНИЙ
ПРИ БУРЕНИИ СКВАЖИН**

Специальность: 3313.02 – Машины, оборудования и процессы

Отрасль науки: Технические науки

Соискатель: **Гасимова Джавахир Расул гызы**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
доктора философии

БАКУ–2022

Диссертационная работа выполнена на кафедре «Механика»
Азербайджанского государственного университета нефти и
промышленности

Научный руководитель: Доктор технических наук, профессор
Рамиз Алиш оглы Гасанов

Официальные оппоненты: Доктор технических наук, профессор
Закир Али Ага оглы Рустамов

Кандидат технических наук, доцент
Ифтихар Гурбанали оглы Челеби

Кандидат технических наук, доцент
Зулейха Эйлаг кызы Эйвазова

Диссертационный совет ED 2.02 Высшей Аттестационной
Комиссии при Президенте Азербайджанской Республики, дей-
ствующий на базе Азербайджанского государственного универси-
тета нефти и промышленности

Председатель диссертационного
совета: доктор технических наук, профессор



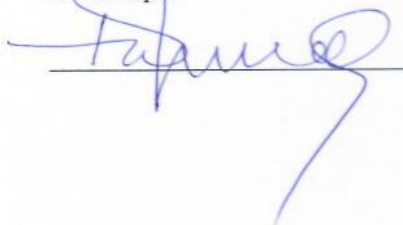
Мустафа Баба оглы Бабанлы

Ученый секретарь диссертационного
совета: Кандидат технических наук, доцент



Тахир Гаффар оглы Джаббаров

Председатель научного
семинара: Доктор технических наук, профессор



Ибрагим Абульфаз оглы Габиров

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы и степень ее разработки. После приобретения Азербайджаном независимости освоение его богатых энергетических ресурсов приобрело значение государственной важности.

Реализация этих программ поставила ряд задач перед нефтегазовой отраслью, необходимость решения которых существенно повысила значимость и стимулировала увеличение объема буровых работ в последние годы.

В связи с этим стимулирование развития топливно-энергетического комплекса страны с привлечением иностранных инвесторов и ведущих западных нефтяных компаний стало Государственной политикой. Стали осваиваться и разрабатываться уже разведанные месторождения в глубоководной части Каспийского шельфа, поставлена задача интенсификации геолого-разведочных работ как на шельфе Каспийского моря, так и на суше, отмечена перспективность и разработана государственная программа доразработки старых месторождений суши и моря.

Объясняется это состоянием извлекаемых углеводородных ресурсов в системе ПО «Азнефть», уровнем собственных потребностей Республики для загрузки перерабатывающих мощностей, внешними обязательствами по загрузке существующих магистральных продуктопроводов и т.д., что требует тщательной проработки всех возможных резервов воспроизводства минерально-сырьевой базы.

Следует отметить, что восстановление минерально-сырьевой базы может быть реализовано на базе потенциальных возможностей 141-го разведанных структур. Из этого количества – 113 являются выявленными структурами, 22 структуры подготовлены для развития и открытия фронта буровых работ, на которых ведутся буровые работы различного назначения. Таким образом, деятельность в сфере буровых работ – эта судьба страны на перспективу еще на длительный срок и исследования, направленные на повышение их результативности, будут сохра-

нять свою актуальность в обозримом будущем. На ближайшую перспективу с учетом предусмотренного объема буровых работ на месторождениях национального сектора Каспийского моря необходимость интенсификации, уменьшения рисков, следовательно, части непроизводственного времени буровых программ и снижения себестоимости буровых работ при строительстве скважин становится очевидной.

Себестоимость буровых работ определяется многими факторами организационного, технического, технологического, инвестиционного и др. характера. Следовательно, неотъемлемой частью реализации этой программы является модернизация технического оснащения, технологического обеспечения и сервисного обслуживания производства буровых работ.

Одной из главных задач на пути снижения себестоимости буровых работ, определяющиеся многими факторами организационного, технического, технологического, инвестиционного и др. характера, являются совершенствования их технического и технологического обеспечения для снижения рисков за счет предупреждения осложнений путем исследования комплексного влияния режимных параметров бурения на процесс разрушения горных пород, параметров и рецептур буровых растворов на показатели проводки и освоения скважин¹.

Одним из таких важных факторов является сохранение природной проницаемости продуктивных пластов в технологических процессах строительства скважины, начиная от первичного вскрытия до ее капитального ремонта². До настоящего времени эта составляющая буровых программ является актуальной проблемой, несмотря на крайнюю необходимость решения этой задачи, так как от этого напрямую зависит продуктивность скважины.

¹ Омелянюк М.В. Исследование процессов кавитационного истечения для энергосберегающих и экологически чистых технологий нефтегазовой ОТР, Москва, 2021, с.129.

² Долгих Л.Н. Крепление, испытание и освоение нефтяных и газовых скважин, Пермь, 2009, с. 272.

В настоящей диссертации на основе ранее проведенных работ, выполнены нижеприводимыми специалистами и учеными из разных стран, таких как Агзамов Ф.А., Александров М.М., Ангелопуло О.А., Булатов А.И., Буслаев В.Ф. Гайворонский И.Н., Городнов В.Д., Желтов Ю.П., Кошелев А.Т., Кошелев В.Н., Крылов В.И. Крысин Н.И. Кузнецов Ю.С., Мавлютов М.Р., Мирзаджанзаде А.Х., Овчинников В.П., Пеньков А.И., Поляков В.Н., Потапов А.Г., Овтанатов Г.Т., Оганов А.С., Оганов Г.С., Аветов Р.В., Ясашин А.М., Шерстнев Н.М., Рукавицын В.Н., Рябоконт С.А., Сидоровский А.М., Шуров В.Н., Вадецкий Ю.В., Дедусенко Г.Д., Кистер Э.Г., Липкес Н.М., Шарипов А.У., Ягафаров Р.Г., Нигматулина А.Г., Татауров В.Г., Лугуманов М.Г., Нацепинская А.М., Зозуля В.П., Лушнеева О.А., Костянов В.М., Ганеев Р.Ф., Санников Р.Х., Ахметшин Э.А., Салтыков В.В., Галиагбаров В.Ф., Гильмашин И.Г., Ahrens T.Y., Anderson A., Astrella L.A., Churchwell R., Dawies G.E., Behrmann L.A., Daneshy A.A., Bell V.T., Bihop S.R., Bond A.Y., Esk M.E., Halleck R.M., Mead D.A., Grames D.B., Grusbeck C.E., Hinds A.A., Powter C.B., Stii-well C.T., Warpiniski N.R., Webster G.A., Whit D.T., Huber K.Y., Collins R.E., Sausier R.Y., Karakas M., King G.E., Tarig S., Person C.M., Shmidt H.P., Santerelly F.Y., Outfel H., Zandel Y.P., Zimmerman P.K. и др. представлены исследования, позволяющие реализацию буровых программ путем обеспечения эффективной без осложнений и аварий проводки, освоения и последующей эксплуатации скважин в горно-геологических условиях месторождений Бакинского и Абшеронского архипелагов.

Вышеизложенное подтверждает актуальность поставленных задач и исследований для топливно-энергетического комплекса страны, а полученные результаты и рекомендуемые разработки могут быть предметом обсуждения для использования в практике бурения зарубежными, совместными и национальной компаниями.

Объект и предмет исследования. Объектом исследования является повышение эффективности первичного освоения буря-

щейся скважины.

Предмет исследования:

1) разработка методов воздействия на околоскважинное пространство;

2) изучение методов восстановления фильтрационно-емкостных свойств околоскважинного пространства;

3) разработка технических средств для реализации первичного освоения скважины;

4) исследование экспериментальных характеристик, разработка оборудования для освоения скважины и принятие решений для повышения их эффективности;

5) исследование различных технологических вариантов и соответствующих внутрискважинных компоновок для предупреждения осложнений в процессе освоения скважин после бурения

Цель и задачи исследований. Цель исследования – разработка научных основ и практических методов принятия технико-технологических исследований для обеспечения эффективной без осложнений и аварий проводки, освоения и последующей эксплуатации скважин в горно-геологических условиях месторождений Бакинского и Абшеронского архипелагов.

Для достижения этой цели в диссертационной работе поставлен и выносятся на защиту нижеследующий перечень задач:

– Для оценки технологической обстановки в скважине, способствующей возникновению осложнений при производстве буровых работ поставлена задача изучения проявления релаксационных явлений в дисперсных системах (т/ж), к классу которых относятся и буровые промывочные растворы.

– Исследование релаксационных явлений в буровых растворах, являющихся следствием их неравновесности для обеспечения реализации спуско-подъемных операций, без вероятности образования газовых пробок в стволе скважины.

– Разработка гидравлического способа предупреждения осложнений в скважине с учетом и на основе прогнозных характеристик возможных бифуркаций в поведении бурового раствора с

неравномерно-дисперсной и инвертной структурой в процессе производства буровых работ.

– Разработка устройства для регулирования гидродинамического воздействия на горные породы околоскважинного пространства, позволяющего улучшить гидродинамическую связь в системе скважина – пласт для существующих технологических вариантов, реализуемых различными скважинными компоновками бурового инструмента.

– Проведение экспериментальных исследований для оценки размаха гидродинамических колебаний жидкости P_2 , их частоты f и вибронгрузки на стенки участка ствола скважины nz_3 и уточнение конструктивных особенностей возбудителей, обеспечивающих восстановление фильтрационно-емкостных характеристик пород околоскважинного пространства.

– Оптимизация конструктивных характеристик узла возбуждения гидродинамической кавитации, а именно определение требуемой длины, диаметра входного и выходного сечений (и их соотношения) его диффузорной камеры. Разработка оптимизационной модели для симуляции различных гидравлических программ и принятия решений по конструированию камер возбудителей.

– Составление оптимизационной модели для определения давления на фронте кавитационной ударной волны, стимулируемой схлопыванием кавитационных пузырьков для определенного конструктивного исполнения кавитационной камеры и реологических свойств прокачиваемой жидкости, обеспечивающих отсутствие осложнений на стенках ствола скважины и улучшение ФЕС околоскважинного пространства в процессе первичного ее освоения.

– Разработка рецептуры специальной буровой промывочной жидкости на основе новых присадок с использованием местного природного, промышленного и/или сельскохозяйственного сырья для реализации программы по суффозии кольматированного околоскважинного пространства в процессе производства буровых работ и на стадии первичного ее освоения, а также

оценка эффективности их использования в различных рецептурах согласно характеристикам аттестации и соответствия требованиям реализуемых технологических процессов.

– Совершенствование устройства для выполнения технологии “Бурение под управляемым давлением” (РМД), позволявшее реализовывать автоколебательный режим управления давлением для предупреждения скважинных техногенных осложнений в различных режимах производства буровых работ.

– Создание технологии детектирования межскважинных перетоков нагнетательной жидкости, позволяющей осуществлять корректировку проектов заводнения для поддержания внутрипластового давления.

– Разработка устройства для спуска хвостовой колонны для обсаживания зоны продуктивного горизонта, позволяющего осуществлять суффозию кольматированной ПЗП и тем самым восстанавливать ее ФЕС и повышать эффективность процесса строительства ствола скважины и стадии ее первичного освоения.

– Разработка, внедрение и оценка экономической эффективности научно-методического обеспечения регламентов по строительству стволов бурящихся скважин и их освоения в различных конструктивно-технологических исполнениях по апробациям на производственных площадях ГНКАР.

Методы исследований. Для решения поставленных задач применялись экспериментальный метод, метод обработки экспериментальных данных, логический метод анализа полученной информации, методы теории принятия решений в определенных, вероятностных и неопределенных условиях, математическая теория оптимизации, различные методы решения задач математической физики.

Научная новизна исследований. Учитывая то, что согласно промыслово-статистическим данным по различным нефтегазовым регионам из-за кольматации призабойной зоны более 10% скважин находятся в бездействии и свыше 16% имеют дебит значительно низкий, чем их потенциал. В диссертационной

работе поставлены задачи по разработке технико-технологических мероприятий для принятия решений, направленных на создание методов эффективного восстановления эксплуатационных характеристик скважин, имеющих весьма важное научно-практическое отраслевое значение. Отработаны возможные пути управления скважинной гидродинамической обстановкой и стимулирующих этот феномен устройств, обеспечивающих их генерацию в необходимых диапазонах на районированных с низким- и петрофизическими свойствами участках продуктивного горизонта на стадии производства буровых работ и реализации мероприятий по первичному их освоению.

Научное и практическое значение исследований. Научное значение исследований сводится к следующему:

1. Прогнозные характеристики возможных бифуркаций в динамическом поведении бурового раствора с неравновесно-дисперсной и инвертной структурой позволяют оценивать флуктуации и проявление релаксации их свойств, в целом гидродинамическую скважинную обстановку при производстве буровых работ и выполнении мероприятий по первичному освоению продуктивного горизонта.

2. Для компоновки бурового инструмента разработано устройство для реализации гидродинамического воздействия на породы околоскважинного пространства в существующих технологических вариантах производства буровых работ и выполнения мероприятий по первичному освоению продуктивного горизонта.

3. Разработанные на основе теоретико-экспериментальных исследований решающие правила позволяют определять возможности создания вибровоздействий на породы околоскважинного пространства и могут быть использованы для проектирования совместимых сочетаний технико-технологических параметров стимуляторов для различных технологических схем производства буровых работ и выполнения мероприятий по первичному освоению продуктивного горизонта.

4. Разработанная модель оптимизации конструктивных па-

раметров, совместимых с метрическими характеристиками стимуляторов, позволяет проектировать требуемые комбинации гидродинамических возбудителей для различных гидравлических программ.

5. Согласно оптимизационной процедуре динамического программирования решена задача оптимизации давления на фронте кавитационной ударной волны, стимулируемой схлопыванием кавитационных пузырьков для проектирования конструкции кавитационной камеры и реологических свойств прокачиваемой жидкости, обеспечивающих отсутствие осложнений на стенках ствола скважины и улучшение фильтрационно-емкостных свойств околоскважинного пространства в процессе первичного ее освоения.

6. Разработана рецептура специальной буровой промывочной жидкости для реализации программы по суффозии для первичного освоения скважины кольматированного околоскважинного пространства в процессах производства буровых работ и выполнения мероприятий по первичному освоению продуктивного горизонта на основе новых присадок с использованием местного природного, промышленного и/или сельскохозяйственного сырья.

7. Создана и отработана технология детектирования межскважинных перетоков жидкости нагнетательных скважин в дренированном пластовом пространстве путем анализа на устье продукции добывающих скважин на основе сигналов их резонансной активности.

Практическое значение исследований объясняется нижеприводимыми выводами:

1. Полученные характеристики по гидродинамической скважинной обстановке используются в разработках программ по реализации спуско-подъемных операций, снижающих вероятность возникновения осложнений при производстве буровых работ и выполнении мероприятий по первичному освоению продуктивного горизонта.

2. Возможность стимулирования на породы околоскважин-

ного пространства гидродинамического воздействия позволяет обеспечить качественное функционирование гидродинамической системы скважина – пласт.

3. Воздействие на породы околоскважинного пространства вибронагрузками применением стимуляторов гидродинамических колебаний с совместимыми параметрами может быть использовано в различных технологических схемах для принятия решений по восстановлению фильтрационно-емкостных характеристик системы скважина-пласт.

4. Возможность оптимизации давления на фронте кавитационной ударной волны, стимулируемой схлопыванием кавитационных пузырьков, зависящая от конструктивного исполнения ствола и физико-механических и реологических свойств буровой жидкости, позволяет обеспечить и существенно повысить эффективность эксплуатации скважин после их освоения за счет качественной суффозии кольматированного околоскважинного пространства в процессе производства буровых работ.

5. Оценка симуляций различных по рецептуре буровых растворов в присутствии предложенного компонентного элемента, показала эффективность их использования в различных рецептурах согласно характеристикам аттестации и соответствия требованиям реализуемых технологических процессов, что подтвердил высокий их потенциал для нефтегазовых месторождений.

6. Разработано устройство для осуществления процесса производства буровых работ в различных режимах за счет поддержания в автоколебательном режиме контрольного давления, предусмотренного для выполнения технологии “Бурение под управляемым давлением” (РМД) и предупреждения возможности проявления скважинных техногенных осложнений.

7. Технология для детектирования межскважинных потоков жидкости позволяет получать оценки по сканированному гидродинамическому фону и принимать решения по улучшению ФЕС разрабатываемого месторождения и корректировки проектов заводнения для поддержания внутрислоевого давления.

8. Разработано устройство для спуска хвостовой колонны в

зону продуктивного горизонта, позволяющего осуществлять суффозию кольматированной ПЗП и тем самым гарантировать качество и эффективность процесса строительства ствола скважины.

Публикация, апробация и применение диссертации. Всего опубликовано 14 научных работ по теме диссертации, из которых 8 научных статей, 3 местных и международных конференций и 3 патента. Материалы диссертации были представлены на международной научной конференции «Пород разрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения» (Киев, 2019), на XLVII Международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации» (Пенза, 2021), на III Международной научной конференции студентов и молодых ученых на тему «Нефтегазовая геология и инженерия», посвященная 98-летию со дня рождения общенационального лидера Гейдара Алиева (Баку, 2022).

Исследования проводились в тресте “SOCAR-KBR” ММС. В результате проведенных мероприятий был получен реальный экономический эффект в размере 45 тыс. манат и предполагаемый годовой экономический эффект составил 1.5 млн. манат. Соответствующие акты на осуществление мероприятий по этому поводу были составлены и утверждены руководством КБР треста.

Название учреждения, где выполнена диссертационная работа. Диссертационная работа выполнена на кафедре «Механика» Азербайджанского государственного университета нефти и промышленности и тресте “SOCAR-KBR” ММС.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из 170 страниц, введения, 5 глав, в том числе 7 таблиц, 29 рисунков и 23 графиков, списка литературы из 156 наименований, а также 211 093 знаков без таблиц, рисунков и списка литературы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении на опыте производства буровых работ в различных регионах мира обосновывается доктрина Азербайджана по развитию его топливно-энергетического комплекса, направленная на снижение себестоимости освоения запасов месторождений суши и моря с участием целевых зарубежных операционных и сервисных компаний-инвесторов.

Первая глава посвящена вопросам изучения перспектив увеличения объема буровых работ и повышения эффективности и рентабельности их реализации на месторождениях суши и моря с учетом степени их разработки. С этой целью рассмотрено современное состояние сырьевой базы и увеличение нефтедобычи на месторождениях Азербайджана за счет бурения новых скважин, дана оценка техногенной опасности процесса производства буровых работ, разработан классификатор возможных осложнений при освоении бурением этих месторождений и определен круг необходимых направлений для разработки мероприятий по их предупреждению. Согласно этим направлениям определен перечень исследований диссертационной работы.

Вторая глава посвящена изучению влияния гидродинамики буровых растворов на возникновение возможных осложнений с учетом гидродинамической обстановки, являющейся следствием использования в скважинах в процессе производства буровых работ для строительства их стволов растворов с неравномерно-дисперсной и инвертной структурой. Здесь в этой связи для оценки скважинной гидравлической обстановки, образованной при прокачке этих буровых растворов для производства буровых работ изучены их релаксационные свойства. Изучено явление "перехлестов" в гидродинамике бурового раствора с подобными структурными характеристиками при бурении стволов скважин и их влияние на эффективность спуско-подъемных операций.

Третья глава посвящена анализу и совершенствованию путей повышения эффективности первой стадии освоения после бурения скважин путем воздействия на ее стенки нестационар-

ными гидродинамическими полями. В качестве одного из этих направлений рассмотрена возможность создания в околоскважинном пространстве нестационарного гидродинамического поля за счет стимуляции срывной кавитации, направленная на интенсификацию вызова притока и сдачи скважин в эксплуатацию. Для управления кольматационным процессом путем регулирования в околоскважинном пространстве воздействия (гидромеханическое, физико-химическое и др.) на горные породы и улучшения гидродинамической связи в системе скважина – пласт, разработано устройство для существующих технологических вариантов, реализуемых компоновкой инструмента, включающей гидромониторное долото, устройство для струйной обработки приствольной части скважины стимулятором гидродинамической кавитации, УБТ, бурильные трубы. Разработанное устройство по сравнению с другими разработками для воспроизведения гидродинамической кавитации обладает рядом преимуществ, главными из которых являются простота его эксплуатации и возможность регулирования процессом обработки, связанная с отсутствием движущихся узлов и деталей, резиновых манжет, возможность изнашивания которых в процессе эксплуатации не исключается. Кавитационный генератор, встроенный в промысловую насадку, используя энергию промывочной жидкости, подаваемой в зону обработки, преобразовывает стационарный поток в дискретно импульсный и создает в подаваемом потоке жидкости высокочастотные виброускорения, воздействующие на стенки ствола скважины в зоне обработки.

Для определения значений “размаха” (под размахом понимается величина $P_2 = P_{2\max} - P_{2\min}$) и частот автоколебаний, а также вибронгрузок, создающихся гидродинамическим генератором на разработанной установке, смонтированной на территории Управления логистики треста КБР ГНКАР, были проведены экспериментальные исследования (рис.1). Источником высокого давления служила насосная установка – 1 с максимальным давлением 50 МПа, расходом 26 л/мин и мощностью электродвигателя 30 кВт.

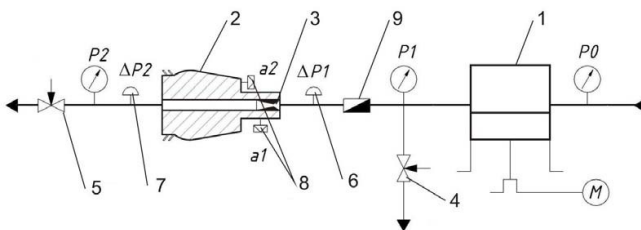


Рис.1. Схема гидравлического стенда для проведения испытаний по определению характеристик гидродинамического вибратора:

- 1 – насос; 2 – насадка; 3 – кавитационный генератор;
 4 и 5 – дроссели; 6 и 7 – датчики пульсаций; 8 – датчик виброускорений; 9 – расходомер

Технологическая жидкость (вода) по напорному шлангу высокого давления через турбинный датчик расхода жидкости 9 поступает в кавитационный генератор 3 и через центральный канал насадки 2 и подпорный дроссель 5 сбрасывалась в емкость. По результатам экспериментальных исследований определены зависимости размаха кавитационных колебаний жидкости (P_2), их частоты (f) и вибронагрузки на стенки участка ствола скважины (nz_3) от соотношения средних значений давления P_2/P_1 для давлений питания $P_1 = 5$ МПа и $P_1 = 10$ МПа, которые приведены в табл.1 (рис.2.):

Таблица 1
 Результаты экспериментальных исследований

P_1 , МПа	P_2/P_1	P_2 , МПа	f , Гц	nz_3 , $мс^{-2}$
$P_1 = 5$	0.2	14.0	1400	16.0
	0.4	9.5	900	10.0
	0.6	4.0	400	5.0
	0.7	1.0	200	3.0
$P_1 = 10$	0.2	25.0	2400	27.0
	0.4	17.0	1800	18.0
	0.6	6.0	600	9.0
	0.7	2.0	150	6.0

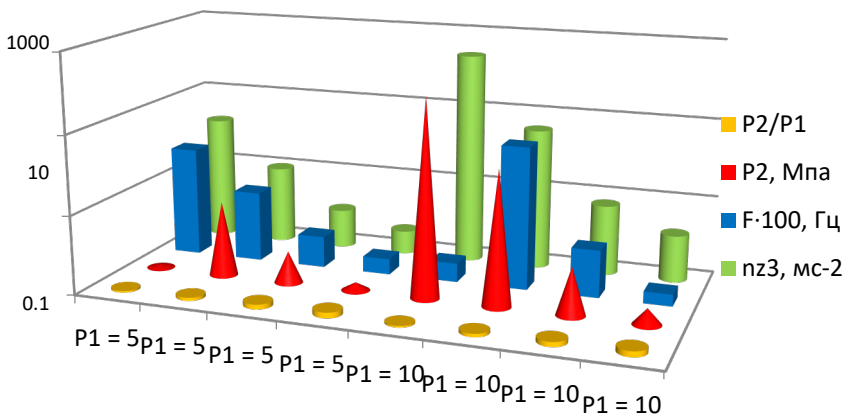


Рис.2. Результаты экспериментальных исследований в графическом представлении (шкала логарифмическая)

Четвертая глава посвящена оптимизации конструктивных характеристик узла возбуждения гидродинамической кавитации, а именно определения требуемой длины, диаметра входного и выходного сечений (и их соотношения) диффузорной камеры гидродинамического возбудителя, в которых на начальном этапе силы сопротивления являются неизвестными и определяются методом оптимального управления. С этой целью поставлена задача определения оптимальной функции $F = \psi(T)$ при $0 \leq t \leq T$, обеспечивающая равномерное изменение скорости по длине насадки **при минимальных потерях** гидравлической мощности, для решения которой составлено уравнение движения жидкости в насадке:

$$m \frac{dv}{dt} = p(t)F(t), \quad p(t) = \frac{Q^2 \gamma}{2g\omega^2 F^2(t)}, \quad (1)$$

где m – масса жидкости внутри насадки; v – скорость потока струи в текущей точке насадки; $F(t)$ – текущая площадь канала насадки; Q – расход циркулирующей жидкости; γ – удельный вес промывочной жидкости; ω – коэффициент расхода.

Согласно условию оптимальности

$$\frac{dx_1}{dt} = \frac{1}{m} p(t)F(t) = f_1, \quad (2)$$

$$\frac{dx_0}{dt} = k_1 x_2^1 + k_2 F^2(t) = f_0$$

и процедуре метода оптимизации Понтрягина, именуемого как “принцип максимума”, составлен Гамильтониан:

$$H = \sum_{i=1}^n \psi_i f_i; \quad H = -(k_1 x_2^1 + k_2 F^2(t)) + \psi_1 \frac{Q^2 \gamma}{2gm\omega^2} F(t). \quad (3)$$

Преобразовав (3) и используя нижеприводимые граничные условия (4)

$$v(t=0) = v_0, \quad F(t=0) = F_0 \quad (4)$$

$$v(t=T) = v_{\text{ВЫХ}}, \quad F(t=T) = F_{\text{ВЫХ}},$$

Силы трения на входе и выходе канала определены как

$$F(t) = \frac{F_0 F_{\text{ВЫХ}} shBT}{F_{\text{ВЫХ}} shBT chBt + F_0 shBT - F_{\text{ВЫХ}} shBt chBT}, \quad (5)$$

$$v(t) = v_0 (chBt - chtBT shBt) + \frac{shBt}{shBT} v_{\text{ВЫХ}}$$

Используя теорему изменения количества движения жидкости по длине насадки и граничное условие $T_y(t=T) = l$ для определения ее длины получено нижеприводимое выражение

$$l = \left(shBT - \frac{ch^2 BT}{shBT} \right) \frac{F_{\text{ВЫХ}} v_{\text{ВЫХ}}}{F_0 B} + \frac{v_{\text{ВЫХ}} chBT}{B shBt} + \frac{F_{\text{ВЫХ}} v_{\text{ВЫХ}}}{BF_0} chBT - \frac{v_{\text{ВЫХ}}}{B shBT}. \quad (6)$$

$$F(t) = \frac{(2\omega^2 Q - v_{\text{ВЫХ}} F_{\text{ВЫХ}}) F_{\text{ВЫХ}} shBT}{2\omega^2 Q shBt + v_{\text{ВЫХ}} F_{\text{ВЫХ}} [shB(T-t) - shBt]}, \quad (7)$$

$$v(t) = (chBt - shBt chtBT) \frac{F_{\text{ВЫХ}} v_{\text{ВЫХ}}}{F_0} + v_{\text{ВЫХ}} \frac{shBt}{shBT}. \quad (8)$$

Выражение (7) представляет собой профиль продольного сечения насадки. Изменения скорости в любом сечении насадки определяются по формуле (8). Результаты расчета по формулам

(7) и (8) для конкретных случаев ($Q = 0,04 \text{ м}^3/\text{ч}$; $F_{\text{вых}} = 6,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$; $B = 198 \text{ с}^{-1}$; $v_{\text{вых}} = 70 \text{ м/с}$) представлены на рис.3. Следовательно, для обеспечения минимальных значений местных сопротивлений и максимальный коэффициент расхода ($\omega = 1$) устанавливают оптимальные профили насадок^{3,4}.

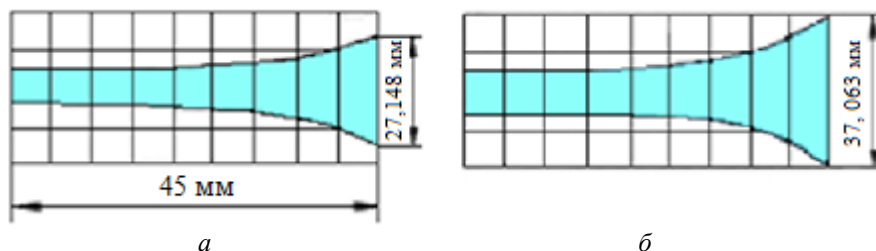


Рис. 3. Профили насадок при коэффициенте расхода ω :
а) $\omega = 1$; б) $\omega = 0.75$

Из представленного рисунка следует, что при длине насадки, равной 45 мм уже к ее середине входной диаметр профиля насадки начинает увеличиваться и у ее выхода размер увеличивается примерно в $2,5 \div 3$ и более раз. Это означает, что длину диффузорной камеры можно принять равной в пределах 30 мм, а входной и выходной диаметры $d_{\text{вых}}/d_{\text{вх}}$ должны иметь соотношение, равное $2,5 \div 3$. Эти параметры могут изменяться для другой гидравлической программы.

В этой главе также рассмотрена задача определения величины гидравлического удара на фронте ударной волны, возбуждаемого гидродинамическим стимулятором.

Процесс гидродинамической кавитационной обработки околоскважинного пространства в процессе первичного освоения, реализуется специальным устройством – гидродинамическим кавитатором за счет направленного и регулируемого преоб-

³ Al-Hameedi A.T., Alkinani H.H., Dunn-Norman et al. Using Machine Learning to Predict Lost Circulation in the Rumaila Field, Australia, 2018.

⁴ Longde S. Development characteristics and orientation of tight oil and gas in China, 2019, 46 (6), – p.1073-1087.

разования потенциальной и кинетической энергии потока жидкости, принудительно прокачиваемой гидравлическим насосом через диффузорную камеру кавитатора. Возникновение и поддержка процесса образования в специальных зонах гидродинамического кавитатора газовых или парогазовых кавитационных пузырьков (каверн), закрывающихся (схлопывающихся) в результате повышения местного гидростатического давления в жидкости являются следствием указанных преобразований энергии. Закрывание кавитационных пузырьков сопровождается интенсивными ударными волновыми процессами с возникновением локальных зон сверхвысоких термобарических показателей (десятки – сотни тысяч атмосфер и °С, соответственно) и кумулятивного ударного воздействия на близлежащие участки жидкости, окружающей их зону схлопывания.

Сопровождающие кавитацию процессы тепло- и массопереноса, а также возникающие далее по потоку жидкости струйные течения способствуют интенсивной очистке околоскважинного пространства скважины. Высокочастотное гидродинамическое воздействие осуществляется устройством специальной конструкции, провоцирующим кавитационное явление. Кавитатор спускается в скважину на бурильных трубах и в его корпусе имеются специальные вставки, которыми стимулируется периодически срывающаяся кавитация и тем самым создаются гидравлические нагрузки на стенки ствола скважины и благоприятные условия для очистки призабойной зоны за счет улучшения гидророботности слагающих эту зону пород.

Реализация подобных программ в реальном режиме времени и время обработки на каждом интервале зависит от конкретных условий и назначения скважины, а именно для эксплуатационных скважин их добычных возможностей, а для нагнетательных скважин – их приемистости. Поэтому очень важное значение при этом имеет состояние призабойной зоны скважины на период кавитационной обработки, для чего требуется проведение геофизических исследований по оценке фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) пород призабойной зоны скважин.

Общий вид конструктивной обвязки генератора колебаний (конструктивное исполнение) приведен ниже, который включает три конструктивных элемента (рис.4а):

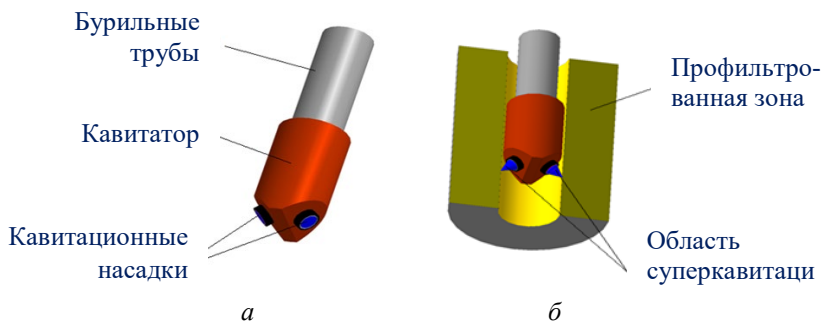


Рис.4. Конструктивная обвязка (а) и расположение (б) в трубопроводе генератора с кавитационными насадками

При периодически срывной кавитации распространение волн гидродинамических колебаний происходит согласно Марковскому процессу, представляемого биологическим процессом рождения, размножения и гибели. Процесс рождения – это появление газового пузырька, процесс размножения – это процесс увеличения пузырьков и их разделение, процесс гибели – это процесс схлопывания пузырьков (рис.5б).

Для исключения нарушения целостности обвязки насоса производительность следует повышать постепенно, наблюдая при этом за давлением на манометре.

При перетоке рабочего агента из лифтового трубопровода в корпус кавитатора по кавитационным насадкам обрабатываемый участок стенки ствола скважины при схлопывании пузырьков испытывает нагрузки в виде ударных волн от жидкости, которые обладают свойством кратковременности (из-за их гибели) и повторяются многократно (из-за их размножения), причем действие их на стенки ствола с каждым разом становится меньше и через определенное время совсем затухает.

При отсутствии контроля за величиной возбуждаемых уда-

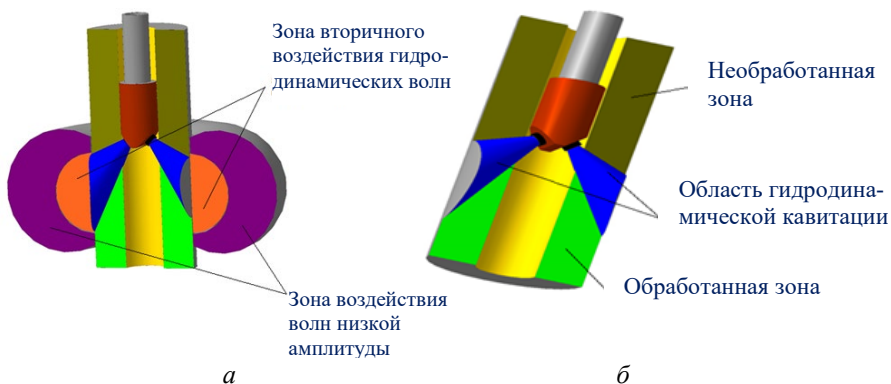


Рис.5. Расположение обработанной и необработанной участков ствола, разделенные областью гидродинамической кавитации (*a*) и схема зон распространения волн от периодически срывной кавитации (*б*)

ров возможно (как показали результаты стендовых испытаний) повреждение стенок ствола скважины и происходит их гидро-разрыв, что приводит к поглощению бурового раствора и ухудшению ФЕС пород. Поэтому при составлении проекта возбуждителя весьма важное значение приобретает возможность возбуждения ударных нагрузок, не нарушающих целостность приствольной части скважины. Следует отметить, что сохранение целостности приствольной части скважины при возбуждении ударных нагрузок предопределяется не только величиной действующей нагрузки, но и от скорости ее приложения, т.е. называемым удельным импульсом, который определяется

$$i = \int_0^{t_{max}} P_{max} dt \quad (9)$$

где t – удельный импульс; t_{max} – время действия ударной волны; P_{max} – давление ударной волны.

Нагрузка от давления ударной волны с определенной скоростью его приложения воздействуя на столб буровой жидкости, способствует деформациям с определенной скоростью участка

ствола скважины, создаваемой кавитационными пузырьками в столбе буровой жидкости, которая определяется из нижеследующего соотношения, включающее давления ударной волны:

$$u = \sum \frac{P_{ув}}{\rho_{ст} D_0} \quad (10)$$

где $P_{ув}$ – давление во фронте ударной волны; $\rho_{ст}$ – массовая плотность столба буровой жидкости при прохождении ударной волны; D_0 – скорость распространения ударной волны в столбе буровой жидкости.

Следовательно, управляя величиной давления волны (указанное можно осуществить подбором соответствующих параметров конструкции кавитационной камеры и реологических свойств жидкости) можно минимизировать возможные деформации, создаваемые кавитационными пузырьками в столбе буровой жидкости и обеспечить отсутствие осложнений на стенках ствола скважины. С этой целью поставлена следующая задача.

Требуется найти минимум скорости деформации стенок ствола скважины при возбуждении кавитация образования:

$$J = \int_0^{t_{max}} u dt$$

или то же самое

$$J = \int_0^{t_{max}} \frac{P_{ув} dt}{\rho_{ст} D_0} \quad (11)$$

за время действия ударной волны при ограничении, в виде дифференциальных уравнений в частных производных, которыми являются уравнения движения несжимаемой жидкости в формуле Эйлера⁵:

$$\frac{dv}{dt} + v \frac{dP}{dt} = - \frac{1}{\rho_0} \frac{dP}{dr}; \quad r \frac{dv}{dr} + 2v = 0, \quad (12)$$

⁵ Нюняйкин В.Н. Регулирование фильтрационных характеристик пород призабойной зоны на поздней стадии разработки месторождения, 2002, с.44-45.

где ρ_0 – плотность рабочего агента возбудителя; P , v – соответственно, давление и массовая скорость жидкости.

Эта система уравнений преобразована в систему дифференциальных уравнений I-го порядка при нижеследующих обозначениях вида:

$$z_1 = v; \quad \frac{dz_1}{dr} = z_2; \quad \left(= \frac{dv}{dr} \right)$$

$$\frac{dz_1}{dt} = -z_1 z_2 \left(1 + \frac{2k}{\rho_0} \right). \quad \left(= \frac{dv}{dt} \right)$$

С учетом полученных зависимостей поставлена и методом динамического программирования решена задача оптимизации давления на фронте ударной волны стимулированной схлопыванием кавитационных пузырьков, для чего составлены функциональные уравнения Беллмана⁶:

$$V + \sum_{i=1}^n f_i(x, z_1) \frac{dS}{dz_i} = 0;$$

$$\frac{dV}{dz_1} + \sum_{i=1}^n \frac{f_i(x, z_1)}{dz_1} \frac{dS}{dz_i} = 0,$$

решение которых позволили получить нижеследующее выражение:

$$(P_{max})_0 = \frac{2}{\sqrt{3}} \frac{r_1^{8\rho_0/k}}{r_0} \frac{k\sigma_T r_1 \exp[-\alpha(r_1 - r_2)]}{8\eta\rho_0 r_2}. \quad (13)$$

Полученное уравнение (13) позволяет выбрать такую кавитационную насадку, при которой прокачкой промывочной жидкости через нее будет обеспечено улучшение ФЕС призабойной зоны скважины.

Таким образом, путем стимулирования гидродинамических ударов на участок ствола скважины может быть улучшен эффект суффозии кольматированного околоскважинного прос-

⁶ Орехов В.В. Регулирование энергетического состояния залежи на примере колганского объекта Вахитовского нефтяного месторождения, Москва, 2010, с.75-79.

транства и повышены технико-экономические характеристики бурящихся эксплуатационных скважин на стадии освоения.

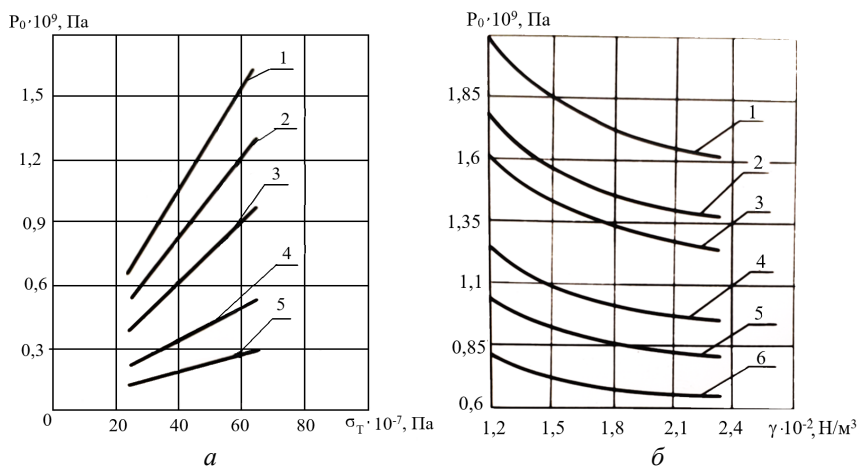


Рис.6. Зависимость $(P_{\max})_0$ от высоты столба бурового раствора (σ_T) (a) и прочности пород (γ) (b):

- a) 1 – при $\varnothing=127$ мм; 2 – при $\varnothing=146$ мм; 3 – при $\varnothing=168$ мм;
 4 – при $\varnothing=219$ мм; 5 – при $\varnothing=273$ мм;
 б): 1 – Л; 2 – М; 3 – Е; 4 – Д; 5 – С; 6 – А

Эта глава содержит также исследования по разработке рецептуры специальной буровой, промывочной жидкости для реализации программы по суффозии для первичного освоения скважины кольматированного околоскважинного ее пространства в процессе производства буровых работ.

В связи с этим дана классификация существующих буровых растворов по различным функциональным и технологическим показателям в зависимости от реализуемых технологических операций и термобарических свойств условий их реализации и сформулированы требования, предъявляемые к их рецептурам и компонентному составу. Указано, что все это существенно влияет на вложение больших инвестиций на импорт добавок в подготовку буровых растворов из-за несоответствия их свойств реализуемым технологическим процессам, тем самым большим потерям их

объемов. Полная или частичная замена присадок позволит сэкономить значительное количество средств в год. При замене только 10% импортной присадки для компенсации потери жидкости за год можно получить существенную экономию денежных средств, что, в свою очередь, оправдывает разработку новых присадок в стране с использованием местного природного, промышленного и/или сельскохозяйственного сырья.

В работе рассмотрены предварительные результаты испытаний добавки для потери жидкости, изготовленной с использованием отходов сельского хозяйства. Результаты экспериментов показывают, что добавка для потери жидкости в равной степени применима как для безглинистых пресноводных, так и для буровых растворов на основе соленой воды. Таким образом, они демонстрируют пригодность присадки для текущей и будущей разведки и эксплуатации нефтегазовых ресурсов. При бурении в пористых и проницаемых зонах существует высокая вероятность потери огромного объема жидкой фазы бурового раствора в процессе бурения.

В настоящее время в мире наблюдается расширение буровых работ на высокочувствительную морскую и глубоководную среду. В целях сохранения морской флоры и фауны исследования сосредоточены на разработке нового поколения "зеленых" добавок к буровым растворам, которые являются экологически чистыми, нетоксичными и легко поддающимися биологическому разложению, что позволяет избежать краткосрочных и долгосрочных экологических последствий в высокочувствительной морской глубоководной среде.

Поэтому эффективный контроль потерь жидкости при бурении скважины очень важен как на этапе бурения, так и на этапе добычи нефти и газа при эксплуатации скважин. Впоследствии разработка высокоэффективных по своим физико-химическим свойствам присадок к буровому раствору, обладающих высококачественными физико-химическими свойствами по сравнению с обычными присадками к буровому раствору, позволит решению этой проблемы.

В работе решена задача применения экологически чистой добавки для компенсации потерь жидкости, полученной из местного сырья. Эта добавка применима как для безглинистых буровых растворов на пресной, так и на соленоводной основе и способна контролировать потери жидкости при бурении скважин без какого-либо негативного воздействия на окружающую среду, экосистему, среду применения и т.д. Полученная присадка для компенсации потерь жидкости имеет размер включений менее 150 микрон и легко диспергируется в водной среде при низкой скорости сдвига до умеренной. Пригодность производимой местной присадки на основе нефтяных масел была оценена путем разработки не содержащих глины буровых растворов на основе пресной и соленой воды с присадкой, а затем были проведены:

1) испытания при комнатной температуре и избыточном давлении до 10 МПа;

2) испытания на потерю жидкости при высоком давлении и высокой температуре (при температуре 100⁰С и избыточном давлении 30 МПа).

Предварительные результаты испытаний показали, что местная присадка для снижения потерь жидкости может значительно смягчить изменения безглинистых систем при снижении потерь жидкости. Первоначальные результаты также демонстрируют пригодность местного сырья для локализации разработки продуктов в стране в рамках нефтегазовой промышленности.

Для выбора подходящего сырья для технико-экономического обоснования производимой присадки была проведена оценка нескольких сельскохозяйственных отходов, имеющих в наличии в различных местных источниках. Беглый анализ эффективности исследования эксплуатационных характеристик выбранного доступного продукта показал его пригодность в качестве присадки для борьбы с потерями жидкости при использовании буровых растворов на пресноводной и соленой основе. Предварительная оценка объема легкодоступного исходного материала показала наличие этого материала сотен тысяч т/год.

На рис.7 приведена схема, разработанного технологического процесса приготовления присадки для контроля потери жидкости.



Рис. 7. Диаграмма технологического процесса приготовления присадки для контроля потери жидкости

Первоначальная обработка заключается в очистке сырья от оболочки и всех внешних загрязнений, чтобы отделить исходный продукт, а затем промывка его пресной водой, чтобы удалить липкое вещество из семян. Затем семя подвергается термической обработке, чтобы удалить излишнюю влагу и сделать его более хрупким для быстрого и легкого измельчения. На следующем этапе семена охлаждаются до комнатной температуры и измельчаются. Для этого их помещают в камеру пробных образцов программируемой размольной машины. Наконец, измельченный порошок просеивается для выделения частиц размером менее 150 микрон, которые и хранятся.

Проведены различные экспериментальные оценки различных по рецептуре буровых растворов в присутствии предложенного компонентного элемента, показано, что эффективность их использования в различных рецептурах согласно характеристикам аттестации и соответствия требованиям реализуемых технологических процессов. Все это дает основание сделать заключение о том, что предложенная добавка на основе сельскохозяйственных отходов имеет высокий потенциал для использования в качестве местного доступного сырья для разработки рецептуры буровых растворов для нефтегазовых месторождений.

Пятая глава посвящена представлению и характеристике

разработок для повышения эффективности процесса первичного освоения скважин после строительства их ствола. На основе анализа существующих технологий производства буровых работ отмечено, что технология производства буровых работ при управляемом скважинном давлении является более безопасной и, как следствие, более рентабельной и позволяет разрабатывать и реализовывать более прогрессивные в различных компоновках комбинированные буровые программы (рис.8).



Рис.8. Категории и подкатегории производства буровых работ при управляемом скважинном давлении

В общую компоновку технологии “Бурение под управляемым давлением” (PMD), реализации процесса производства буровых работ включен узел, позволяющий осуществлять процесс производства буровых работ в различных режимах за счет поддержания в автоколебательном режиме контрольного давления, предусмотренного для предупреждения возможности проявления скважинных техногенных осложнений (рис.9).

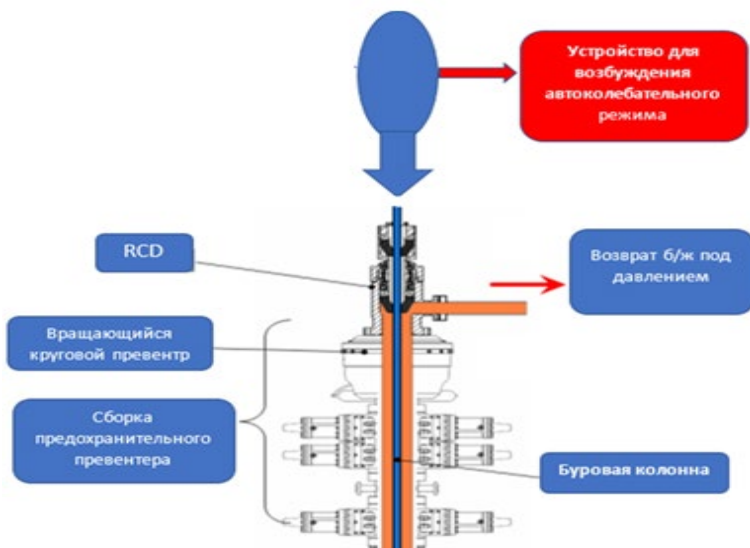


Рис.9. Типичное расположение вращающегося устройства управления (RCD) замкнутой системы циркуляции буровой жидкости

Две взаимосвязанные камеры, рассчитанные на контрольное давление, при достижении которого разгружаются, не позволяют выходить за границы установленного значения и тем самым поддерживают требуемый режим функционирования установки в целом (рис.10).

В главе также представлена технология детектирования пластовых перетоков жидкости нагнетательных скважин для сканирования гидродинамического фона и определения гидропроводности в разрабатываемом месторождении. Технология включает необходимость выполнения ряда операций, сводящихся к обработке нагнетательной жидкости концентратом суспендированного магнитного нанокompозита, содержащего спинмеченный макрогетероцикл в пропорции 1:1000 л., закачке в пласт через нагнетательную скважину определенного объема жидкости, приготовленной и обработанной с добавлением ПАВ, ингибитора коррозии и антипенной добавки. После закачки из продукции

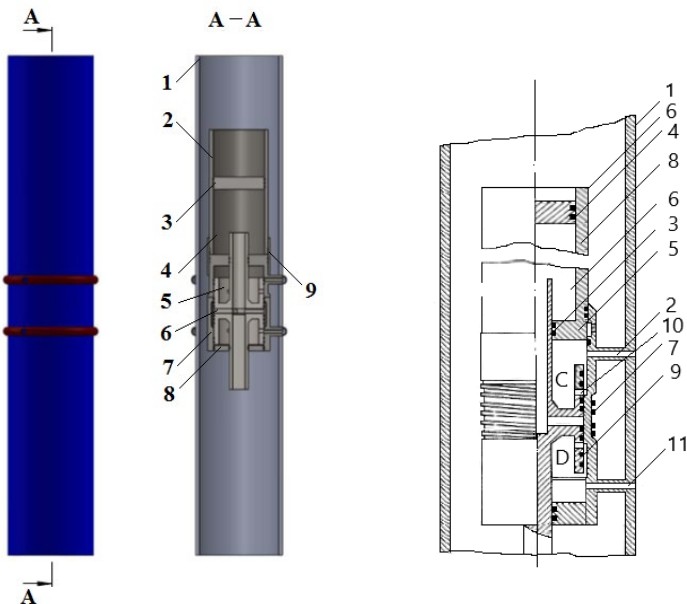


Рис.10. Устройство управления замкнутой системы циркуляции буровой жидкости:

- корпус; 2 – ниппель; 3 – муфта; 4 – гидроцилиндр;
- 5 – гидрокамера; 6,10 – поршень; 7 – шток; 8,11 – радиальное отверстие; 9 – втулка; 10 – поршень;

добывающих скважин на устье отбираются пробы, которые подвергаются ЭПР (электропарорезонансному) анализу. Затем по сигналам резонансной активности продукций добывающих скважин строят карту их взаимодействия с нагнетательными скважинами и определяют соответствующие внутрипластовые перегородки. Для изучения требований вытеснения пластовой жидкости в пластовой среде нагнетательной жидкостью использован параметр, так называемый “контактный угол”, в конечном итоге характеризующий возможность повышения эффективности вытеснения за счет смачивания пластовой среды. С целью проведения исследований для оценки значимости и пригодности этого параметра пластовым условиям на специально изготовленных образцах проведены соответствующие испытания (рис.11).

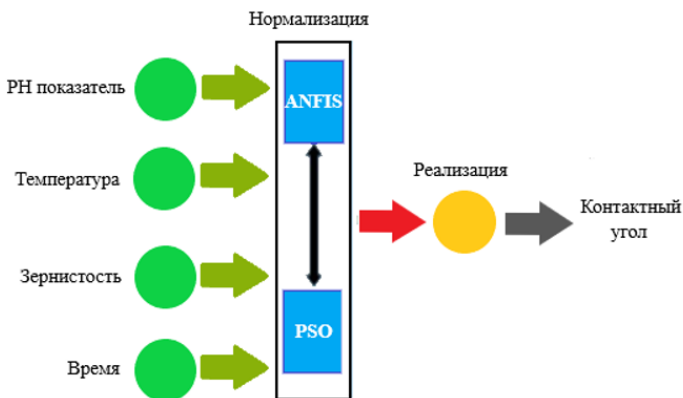


Рис.11. Модель экспериментальных исследований

По результатам испытаний установлено, что параметры изготовления нагнетательной жидкости и установленные границы их изменения обеспечивают эффективность вытеснения пластового продукта в пластовых условиях и в целом создают благоприятные условия для корректировки проектов заводнения, направленных на увеличение объемов добычи и коэффициента нефтеотдачи площади.

Глава также содержит информацию об устройстве для спуска хвостовой колонны с фильтровой частью для обсаживания зоны продуктивного горизонта, позволяющего суффозировать кольматированной ПЗП. Разъединитель, стыкующий транспортировочную колонну и нижнюю секцию (потайную часть) хвостовика конструктивно выполнен в виде головной части и соединяющий его со спускаемой колонной двух муфтовых переходников с внешней левой резьбой на конце, выполненной на поверхности с 10° -ным скосом и имеет посадочную поверхность ответной опорной поверхности с внутренней левой резьбой спускаемого хвостовика. Выполнение разъединителя в виде головного и двумя муфтовыми переходниками с нижней левосторонней ниппельной резьбой, выполненной на поверхности с 10° -ным скосом и посадочной поверхностью, соединяет транспортировочные трубы с ответным муфтовым концом спускаемого (потайной части) хвос-

товика и позволяет обеспечивать необходимое межтрубное пространство (на порядок больше по сравнению с существующими аналогами) и осуществлять качественную без осложнений цементировку спущенной части хвостовика, а затем и верхней его части через их стыковочный узел.

Конец главы содержит попытки и посвящена внедрению результатов исследований и оценке годовой экономической эффективности результатов исследований.

ВЫВОДЫ

1. Для оценки технологической обстановки в скважине, способствующей возникновению осложнений при производстве буровых работ исследовано проявление релаксационных явлений в дисперсных системах (т/ж), к классу которых относятся и буровые растворы. Установлено, что релаксационные явления в буровых растворах снижают количественные показатели их динамического поведения из-за отсутствия источников флуктуации в силу их неравновесности и могут обеспечить реализацию спуско-подъемных операций, снижающих вероятность образования газовых пробок в стволе скважины [2, 7, 8, 9, 11, 12].
2. На основе проведенных исследований разработан гидравлический способ предупреждения осложнений в скважине с учетом и на основе прогнозных характеристик возможных бифуркаций в поведении бурового раствора с неравновесно-дисперсной и инвертной структурой в процессе производства буровых работ [1, 2, 9, 11, 12].
3. Для регулирования в околоскважинном пространстве воздействием на горные породы для улучшения гидродинамической связи в системе скважина – пласт разработано устройство для существующих технологических вариантов, реализуемых компоновкой инструмента, включающей гидромониторное долото, устройство для струйной обработки приствольной части скважины стимулятором гидродинамической кавита-

ции, УБТ, бурильные трубы [2, 4, 5, 6].

4. На разработанной экспериментальной установке проведены исследования, по результатам которых определены зависимости размаха кавитационных колебаний жидкости P_2 , их частоты f и вибронагрузки на стенки участка ствола скважины nz_3 от соотношения средних значений давления P_2/P_1 для давлений питания $P_1 = 5$ МПа и $P_1 = 10$ Мпа [1, 3, 9].
5. Результаты экспериментальных исследований подтвердили возможность получения различных по величине вибронагрузок на породы околоскважинного пространства при использовании стимуляторов гидродинамических колебаний путем использования разработанного устройства в различных технологических схемах, что может быть применено для восстановления его фильтрационно-емкостных характеристик, что требует исследования и уточнения конструктивных особенностей стимуляторов [1, 3, 9].
6. Для оптимизации конструктивных характеристик узла возбуждения гидродинамической кавитации, а именно определения требуемой длины, диаметра входного и выходного сечений (и их соотношения) диффузорной камеры гидродинамического возбудителя на основе решения оптимизационной модели задачи получены соответствующие математические выражения. Симуляция для конкретной гидравлической программы на базе полученных выражений показала, что при длине насадки, равной 45 мм уже к ее середине входной диаметр профиля насадки начинает увеличиваться и у ее выхода размер увеличивается примерно в $2,5 \div 3$ и более раз. Это означает, что длину диффузорной камеры можно принять, равной в пределах 30 мм, а входной и выходной диаметры $d_{\text{вых}}/d_{\text{вх}}$ должны иметь соотношение, равное $2,5 \div 3$. Эти параметры могут изменяться для другой гидравлической программы, так как имеется возможность проведения симуляций для различных ее модификаций [1, 2, 3].
7. Поставлена и методом динамического программирования решена задача оптимизации давления на фронте кавитационной

ударной волны, стимулированной схлопыванием кавитационных пузырьков для проектирования конструкции кавитационной камеры и реологических свойств прокачиваемой жидкости, обеспечивающих отсутствие осложнений на стенках ствола скважины и улучшение фильтрационно-емкостных свойств околоскважинного пространства в процессе первичного ее освоения. Эта возможность, зависящая от конструктивного исполнения ствола и физико-механических и реологических свойств буровой жидкости позволяет обеспечить и существенно повысить эффективность эксплуатации скважин после их освоения за счет качественной суффозии кольматированного околоскважинного пространства в процессе производства буровых работ [1, 2, 3, 9, 11, 12].

8. Разработана рецептура специальной буровой промывочной жидкости для реализации программы по суффозии при первичном освоении скважины кольматированного околоскважинного ее пространства в процессе производства буровых работ на основе новых присадок с использованием местного природного, промышленного и/или сельскохозяйственного сырья. По оценкам различных по рецептуре буровых растворов в присутствии предложенного компонентного элемента, показана эффективность их использования в различных рецептурах согласно характеристикам аттестации и соответствия требованиям реализуемых технологических процессов, что подтверждает высокий их потенциал для нефтегазовых месторождений [4, 7].
9. Разработано устройство для выполнения технологии “Бурение под управляемым давлением” (РМД), позволяющее осуществлять процесс производства буровых работ в различных режимах за счет поддержания в автоколебательном режиме контрольного давления, предусмотренного для предупреждения возможности проявления скважинных техногенных осложнений [4, 5, 6, 7].
10. Создана технология для детектирования межскважинных перетоков жидкости, нагнетаемой через нагнетательные сква-

жины в дренированное пластовое пространство путем анализа на устье продукции добывающих скважин на основе сигналов их резонансной активности, позволяющей получать оценки по сканированному гидродинамическому фону и принимать решения по улучшению ФЭС разрабатываемого месторождения и корректировки проектов заводнения для поддержания внутрислоевого давления [1, 13, 14].

11. Разработано устройство для спуска хвостовой колонны для обсаживания зоны продуктивного горизонта, позволяющего осуществлять суффозию кольматированного ПЗП за счет увеличения в более чем пять зазора между эксплуатационной колонной и колонной бурильных труб, что позволяет гарантировать качество, и тем самым эффективность процесса строительства ствола скважины [10].
12. По результатам исследований разработана методика для обработки стенок бурящихся скважин в различных конструктивно-технологических исполнениях. Основные предложения методики нашли применение для обработки стенок и предупреждения осложнений в скважинах № 330 и 491, бурящихся на производственных площадях треста КБР и получены реальный и предполагаемый экономические эффекты в размере 120 тыс. манат и 5,0 млн. манат, соответственно, о чем составлены соответствующие акты (в виде справок). Проведенный расчет годовой экономической эффективности исследований подтвердил возможность получения экономии в размере 200 тыс. AZN [4, 5, 6, 7].

Список опубликованных работ по теме диссертации

1. Гасанов, Р.А, Гасимова, Дж.Р., Зейналов, А.И. Методы улучшения петрофизических свойств приствольной части эксплуатируемых горизонтов // Известия высших технических учебных заведений, – 2016. №3, – с.49-60.
2. Гасимова, Дж.Р. Математический расчет скин-эффекта сжатия и кольматации по эксплуатационным данным // – Баку: АГУНП, – 2017, №4, – с.57-62.

3. Qasımova, C.R. Neft quyularının səmərəliliyinin artırılması üçün kavitasiya üsulunun lay təzyiqindən asılılığı // Azərbaycan Ali Texniki Məktəblərinin Xəbərləri, – 2018, №6, – s.35-40.
4. Hasanov, R.A., Shirali, I.Y., Hasanov, A.R., Gasimova, C.R. Downhole screw mechanisms and prospects for their application // ASOIU, – 2019, №6, – p.87-94.
5. Гасанов, Р.А., Бекиров, Ш.Х., Гасанов, А.Р., Зейналов, А.И., Гасымова, Д.Р., Асланов, Т.А., Мусаев, Ш.С. Анализ механизма взаимодействия эксплуатационных колонн с окружающим массивом пород и разработка методики их проектирования // Сборник научных трудов "Пород разрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения", – Киев, 2019. – Вып.22, – с.33-51. DOI: 10.33839/ 2223-3938-2019-22-1-33-51.
6. Həsənov, R.Ə., Şirəli, İ.Y., Sadıqov, S.X., Kazımov, M.İ., Ramazanov, F.Ə., Zeynalov, A.İ., Həsənov, Ə.R., Qasımova, C.R., Məmmədov, F.X., Müsavi, S.A. Maqnit tutucusu / Azərbaycan Respublikası Əqli Mülkiyyət Agentliyi Patent və Əmtəə Nişanları Mərkəzi, a20160082, Bulletin №7, 30.09.2019.
7. Həsənov, R.Ə., Bağırov, O.T., Bəkirov, Ş.X., Sadıqov, S.X., Kazımov, M.İ., Ramazanov, F.Ə., Zeynalov, A.İ., Həsənov, Ə.R., Xeyrabadi, Q.S., Qasımova, C.R., Kərimova, T.R., İsmayılova, M.M. Neft və qaz quyularının qazılması üsulu / Azərbaycan Respublikası Əqli Mülkiyyət Agentliyi Patent və Əmtəə Nişanları Mərkəzi, a20170069, Bulletin №10, 30.12.2019.
8. Гасымова, Д.Р. Состояние сырьевой базы Азербайджана на морских месторождениях // – Баку: АДНСУ, 2020. – Том 22, № 6, – с.30-36.
9. Гасанов, Р.А., Гасымова, Д.Р. Способы улучшения фильтровальных свойств призабойной зоны скважин / «Горный» журнал. – М.: Руда и металлы, 2021, – с.78-80.
10. Həsənov, R.Ə., Lətifov, Y.A. Bağırov, O.T. Həsənova, Ü.A., Qasımova, C.R. İstismar kəmərlərinin quyuruq seksiyalarının quyuya endirilməsi üçün qurğu / Azərbaycan Respublikası Əqli Mülkiyyət Agentliyi Patent və Əmtəə Nişanları Mərkəzi, a20210078s.

Yekun ekspertiza qərarı, – 03.08.21.

11. Гасанов, Р.А., Гасымова, Д.Р. Современное состояние сырьевой базы и увеличение нефтедобычи на морских месторождениях Азербайджана за счет бурения новых скважин // Сб. статей XLVII Международной Научно-Практической Конференции «Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации», – Пенза, 2021, – с.281-286.
12. Гасымова, Д.Р. Классификация возможных осложнений в процессах производства буровых работ и мероприятия по их предупреждению // РАНТЕИ, – Баку, 2022, – с.52-59. <https://zenodo.org/record/6311168%23.Yh3dK-hBzDc>.
13. Гасанов, Р.А., Гасымова, Д.Р. Разработка технологии для сканирования гидродинамического фона и гидропроводности разрабатываемого месторождения // Ümummilli Lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 98-ci ildönümünə həsr olunmuş “Neft-Qaz Geologiyası və Mühəndisliyi” mövzulu Tələbə və Gənc Tədqiqatçıların III Beynəlxalq Elmi Konfransı, – Bakı, 18 aprel 2022-ci il.
14. Гасымова, Д.Р. Способ детектирования внутри пластовых перетоков жидкости нагнетательных скважин // РАНТЕИ, – 13.02.2022, – с.69-74.

Личный вклад соискателя в трудах, опубликованных в соавторстве:

[2], [3], [12], [14] – выполнены автором самостоятельно.

[1], [4], [5], [6], [7], [8], [10] – постановка задачи исследования, их проведение и обработка полученных результатов, внесение предложений, анализ предложенных устройств и составление их чертежей, оформление статей в статейном формате были выполнены автором.

[9], [11], [13] – написаны в результате совместного обсуждения авторов по рекомендации научного руководителя с целью освоения теоретической части проблемы.

Защита диссертации состоится 21 октября 2022_-го года в 13⁰⁰ на заседании Диссертационного совета ЕД 2.02, действующего на базе Азербайджанского государственного университета нефти и промышленности.

Адрес: AZ 1010, г. Баку, проспект Азадлыга 34.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Азербайджанского государственного университета нефти и промышленности.

Электронная версия диссертации и автореферата размещена на официальном сайте Азербайджанского государственного университета нефти и промышленности.

Автореферат разослан по соответствующим адресам 21 сентября 2022 -го года.

Подписано в печать: 19.09.2022

Формат бумаги: А5

Объём: 42849

Тираж: 100